BIBLIOTHECA
FF. PRÆDICATORUM,
BENITIÆ.
U. 7. No. 5

Col

Pedro Ramirez

St. Albert's College Library

ELEMENTOS DE FILOSOFIA

COMPUESTOS EN FRANCES

POR EL ABATE PARA DE FANJAS,
Presbítero de la extinguida Compañía de Jesus,

Y TRADUCIDOS AL CASTELLANO

POR DON LUCAS GOMEZ NEGRO,
Catedrático de Filosofía por segunda vez en la Real Universidad de Valladolid, y Abogado de su Real Chancillería.

St. Albert's College Library

TOMO I.

ELEMENTOS DE FISICA,

Ó COMPENDIO DEL CURSO COMPLETO DE FISICA ESPECULATIVA Y EXPERIMENTAL, SISTEMATICA Y GEOMETRICA.

PARTE PRIMERA.

acc 441

EN VALLADOLID:
EN LA IMPRENTA DE LA VIUDA Y HIJOS DE SANTANDER.
AÑO DE MDCCXCVI.

Digitized by the Internet Archive
in 2026 with funding from
Graduate Theological Union

https://archive.org/details/elementosdefilos01para

PROLOGO DEL TRADUCTOR.

Deseando dar al Público para el aprovechamiento de toda persona culta, pero principalmente de los Jóvenes que se dedican al estudio de la Filosofía unos Elementos de esta Ciencia, raiz y tronco de todas las humanas, bastante completos, muy metódicos, muy claros y en lenguage vulgar, de los que carecemos, y cuya necesidad es manifiesta; me ha parecido que lo conseguiria dando traducidos á nuestro idioma los dos Compendios que de sus dos Cursos completos de Física y Metafísica compuso el Abate Pará de Fanjas. Pues aunque cada uno de ellos forma una Obra aparte, estan dispuestos con tal proporcion entre sí que juntos componen un Curso elementar de Filosofía. Estos Elementos reunen á mi parecer las buenas qualidades que he indicado, como lo acredita la general aceptacion que tienen en Inglaterra y Italia, su aprecio en nuestra España, y aun su uso en algunos Estudios de ella. Pero mi voto de nada puede servir para determinar el ánimo de ninguno á que los estudie; aun menos mis elogios. No quiero pues molestar á nadie ni hacerle perder su precioso tiempo poniendo al frente de ellos un largo Prólogo en que expusiese por menor su mé-

rito y los pintase como los mejores en su línea, aunque en esto no habria hipérbole. Ruego á los Sabios que se los recomienden á todo el que quiera instruirse, pero en especial á los Jóvenes, y á éstos que se aprovechen de mi trabajo, si oido el parecer de aquellos juzgaren que les puede ser útil.

PROLOGO DEL AUTOR.

La Física es la Ciencia de los Cuerpos; es decir, de todas las Sustancias sensibles que componen este visible Universo. Su objeto es conocer los Cuerpos por las propiedades que los caracterizan, por los efectos que producen, y por las Leyes que siguen en el exercicio de sus acciones recíprocas.

La Física, ó la Ciencia de los Cuerpos no es otra cosa que la Ciencia de la Materia y del Movimiento. *Dadme Materia y Movimiento* decia el inmortal Des-cartes, *y yo formaré este Mundo visible.* No es nuestro ánimo adoptar el Sistema de Des-cartes, pero no podemos ménos de reconocer como verdadero su Principio.

Reconocemos que este Mundo visible no debe, ni ha podido deber su formacion y disposicion á los movimientos y modificaciones de la Materia: sino única y esencialmente á otras tantas *Voluntades libres y eficaces* del Criador, que es el único que ha podido dar existencia á la Materia; el único que ha podido formar de ella esta Obra maestra de la Naturaleza: el único que efectivamente ha criado y formado este Mundo, tal como le vemos, y del modo que lo cuenta Moises el mas antiguo Historiador del Universo, y cuya Historia por lo que respecta al *Origen de las cosas* es la única que puede admitir la sana Razon.

Despues de una confesion tan clara y tan sencilla afirmamos y sostenemos, que este Mundo inanimado no dice, ni encierra en sus Constitutivos físicos otros principios que la *Materia y el Movimiento*, y que con estos dos Principios de una fecundidad inagotable ha tenido el Ser supremo bastante para componer y perpetuar este Todo ad-

mirable, eſte brillante Univerſo, cuyo expectáculo infinitamente variado nos regocija y encanta, y cuya belleza y fecundidad publican acordemente el poder y la sabiduría de su Autor.

En un Siglo en que el *gusto de la Física* se ha hecho el guſto dominante de la Europa iluſtrada y culta, en que haſta aquella Porcion de la Humanidad que solamente parecia deſtinada á ser las delicias y embeleso de la Sociedad, ha oſado hacernos ver que tambien ella habia nacido para profundizar y deſcubrir los ſublimes miſterios de la Naturaleza; no le es permitido á nadie, sino á un corto número de Eſpíritus laſtimoſamente Góticos mirar con poco aprecio una Ciencia que forma el adorno y el recreo de todo el que se precia de no carecer enteramente de cultura y luces.

¡Que ſatisfaccion para un *Espíritu elevado y perspicaz* ser por decirlo así, el Confidente de la Naturaleza: ver los Acontecimientos físicos en sus cauſas y en sus principios: conocer y comprender el verdadero Reſorte secreto, el verdadero Mecaniſmo físico de los brillantes fenómenos que observa; sea en el Cielo, donde el movimiento armonioſo de los Aſtros regla y varia las Eſtaciones; sea en la Atmósfera terreſtre, en que la Escena mudable de los Metéoros excita alternativamente la admiracion y el terror; sea en fin sobre la Tierra, en que todo se mueve y se forma, se conſerva y se deſtruye por un encadenamiento reglado de cauſas y efectos, no ménos admirable que intereſante!

¡Que conſuelo para un *Espíritu Religioso y Christiano*, no poder fixar la viſta ſobre parte alguna de la Naturaleza sin deſcubrír en ella palpablemente á su Dios, y ſentir su admirable Preſencia que conserva y perpetua su obra, da órden y movimiento á todo, y se nos da á conocer en todas partes por medio de raſgos brillantes de Sabiduría, poder y beneficencia capaces de paſmar y mover á qualquier Alma noble, llenando su corazon de gratitud, y de admiracion su entendimiento!

Una Obra de Física en que la Expeculacion caminase á par de la Experiencia; en que las Demoſtracio-

nes matemáticas ilustrasen apropósito los grandes Fenómenos de la Naturaleza, en que la triste secura de los cálculos, que hace fastidiosa y desfigura freqüentemente la Física, no se admitiese sino con economía y por necesidad; en que la parásita redundancia no absorviese jamas inútilmente el tiempo y la atencion; en que las materias se presentasen sucesivamente al entendimiento con un método claro, y baxo de sus aspectos interesantes y sensibles; y en que se ofreciese á nuestra vista la Naturaleza entera, no como un Esqueleto inánime y descarnado, sino como un Cuerpo vivo y que respira, cuya economía se comprehende, y cuyas proporciones nos admiran; una Obra, vuelvo á decir que tuviese todas estas perfecciones, no admite duda que deberia interesar al Público ilustrado.

Pues tal es el Plan que hemos formado é intentado executar en nuestro *Curso completo de Física especulativa y experimental, sistemática y geométrica.* Así se verá que en él hemos hecho todos nuestros esfuerzos á fin de reunir lo mas que hemos podido la claridad con la mayor concision; la amenidad con la mas escrupulosa exâctitud; las luces de la Experiencia con las de la Expeculacion y Matemáticas; el órden y encadenamiento de materias con el de las ideas; la brillantez de los sistemas que divierte, con la serenidad de la Razon que los aprecia; el gusto pintoresco que anima y vivifica la Naturaleza, con el filosófico que la estudia y se esfuerza á arrancarla el velo con que ha querido ocultarnos los resortes secretos de sus obras.

Esta Obra ha sido recibida del Público con bastante aprecio; pero pareciéndonos que aun deseaba que se hiciese un *Compendio de este Curso completo de Física* para el uso de los Seminarios, Colegios, y otras muchas Casas de educacion, nos hemos tomado el trabajo de formarle, y se le damos en la presente Obra elementar, de la qual vamos á dar aquí una idea general á nuestros Lectores.

Estos *Elementos de Física* no son en el fondo mas que un simple extracto ó compendio de nuestro Curso completo

de Física que corre impreſo en quatro grandes Tomos en Octavo.

De eſtos quatro tomos ; el primero no nos ha parecido que debia de ser extractado ó compendiado. Todo quanto hay en él lo tenemos por indispensable , porque dirigiéndoſe á enſeñar el camino , y á abrir el Santuario de la verdadera Física , no se le puede quitar coſa alguna sin obſcurecer ó debilitar los principios fundamentales de eſta Ciencia. Y así lo único casi que hemos hecho por lo que toca á eſte *primer Tomo* , ha sido dividir los dos grandes Tratados que contiene en cinco partes diferentes que forman sin mudanza muy notable , los cinco primeros Tratados de eſta Obra Elementar.

En quanto á *los otros tres Tomos* hemos eſcogido con todo el cuidado posible , reunido y enlazado con todo el arte y guſto de que hemos sido capaces , aquellas materias que nos han parecido mas apropósito para intereſar la Juventud Nacional , y agrandar y perfeccionar ſus ideas , no ménos que para darla guſto é inclinacion á los mas elevados y profundos conocimientos, mediante el atractivo de aquellos en que los hemos procurado iniciar en eſta Obra , y que son como la fuente de donde deben nacer todos los demas.

Eſte *Curso Elementar de Física* eſtá dividido en diez Tratados baſtante extenſos , que abrazan lo mas útil que hay en eſta Ciencia tan digna de intereſar al Espíritu humano.

El primer Tratado tiene por objeto la *Teoría general de la Materia*. En él se obſerva á la luz de la Experiencia y el Discurſo su Extension , Division , Divisibilidad, Inercia , las Leyes de donde depende su Accion , y su Homogeneidad.

El objeto del ſegundo Tratado es la *Teoría general de los Cuerpos* ; en él se procura descubrir por los mismos medios , quales ſon los Principios que los conſtituyen, quales las Propiedades que los confunden en ſus géneros, quales ſon las Cauſas físicas que producen los grandes fenómenos que nos presentan su Condenſabilidad y Dilatabilidad , su Solidez ó Fluidez , su Elasticidad ó falta de

Elaſticidad, y su Peſantez ó Gravitacion mayor hácia los Polos que hácia el Equador.

En eſtos dos Tratados, deſtinados mas particularmente á deſenvolver la *Física corpuscular*, se verá digámoslo así paſar reviſta todos los Siſtemas de los Filóſofos antiguos y modernos ſobre la Materia y los Cuerpos, ſe preſentará á los ojos del Lector la Hiſtoria del Ingenio y la de la Naturaleza, y eſte gozará del eſpectáculo de la Naturaleza deſenredada, acaſo con ménos placer que de el del Ingenio ocupado por espacio de dos ó tres mil años en deſenredar el Caos de la Naturaleza.

El tercer Tratado tiene por objeto la *Teoría general del Movimiento.* En él exâminarémos y explicarémos ſuceſivamente quanto concierne á la eſtimacion del Movimiento, ſus obſtáculos, ſus leyes generales, su comunicacion así en los Cuerpos eláſticos como en los que no lo ſon.

El Objeto del quarto es la *Teoría particular del Movimiento.* En él harémos ſensibles á la viſta, á la imaginacion y al entendimiento los grandes fenómenos del Movimiento compueſto, rectilineo y curvilineo, del Movimiento acelerado y retardado, considerándole tanto en sí mismo como ſegun que pertenece á la Baliſtica, y en fin del Movimiento reflexo y refracto en toda especie de Cuerpos.

En el quinto Tratado darémos la *Teoría del Movimiento en las Máquinas, ó la Mecánica.* Expondrémos en él ſucinta y claramente los Principios fundamentales de la Mecánica; la Teoría de todas las Máquinas tanto simples como compueſtas, y la de las Resiſtencias que se originan de las Máquinas mismas.

En el ſexto Tratado en que expondrémos la *Teoría de la Tierra* darémos una idea baſtante extenſa de quanto pertenece á su Conſtitucion, su Antigüedad, y ſus tres Reynos.

En el Séptimo Tratado que tiene por objeto la *Teoría del Agua* nos ceñirémos á eſtablecer bien las Leyes de la Hidroſtática, haciendo ver ademas qual es el origen de las Fuentes y de los Rios.

INDICE

DE LOS TRATADOS, SECCIONES, ARTICULOS y PARRAFOS que contiene esta primera Parte de los ELEMENTOS DE FISICA.

TRATADO PRIMERO.

Págin.

TEORIA GENERAL DE LA MATERIA. . . 9.

SECCION I. *Extension de la Materia.* . . . . . . 17.
SECC. II. *Division de la Materia.* . . . . 20.
SECC. III. *Divisibilidad de la Materia.* . . . . 42.
PARRAFO I. *Sentencias contra la infinita divisibilidad de la Materia.* . . . . 44.
PARR. II. *Sentencias á favor de la infinita divisibilidad de la Materia.* . . . . 59.
SECC. IV. *Inercia de la Materia, y Leyes generales de que depende su accion.* . . . . 74.
ARTICULO I. *Inercia de la Materia.* . . . . 75.
ARTIC. II. *Leyes generales de la Naturaleza material.* . . . . 81.
PARR. I. . *Ley de Impulsion.* . . . . 83.
PARR. II. *Ley de Atraccion.* . . . . 85.
PARR. III. *Ley de Afinidad.* . . . . 90.
SECC. V. *Homogeneidad de la Materia.* . . . . . . 135.

TRATADO SEGUNDO.

TEORIA GENERAL DE LOS CUERPOS. . 152.

SECC. I. *Principios de los Cuerpos.* . . . . *id.*
SECC. II. *Propiedades de los Cuerpos.* . . . . 190.
ARTIC. I. . *Porosidad de los Cuerpos.* . . . . . . 191.
ARTIC. II. *Solidez y Fluidez de los Cuerpos.* . . 206.
ARTIC. III. *Elasticidad de los Cuerpos.* . . . . . . 219.
ARTIC. IV. *Pesantez ó Gravedad de los Cuerpos.* 231

TRATADO TERCERO.

Págin.

TEORIA GENERAL DEL MOVIMIENTO. . 247.

SECC. I. *Estimacion del Movimiento ó de las Fuerzas motrices.* . . . . id.
PARR. I. . *Estimacion de la Velocidad del Movimiento.* . . . . 249.
PARR. II. *Estimacion de la quantidad del Movimiento.* . . . . 251.
PARR. III. *Exâmen de las Fuerzas vivas y muertas.* . . . . 256.
SECC. II. *Obstáculos del Movimiento.* . . . . 266.
PARR. I. *La Fuerza de Inercia.* . . . . 268.
PARR. II. *Resistencia de los Medios.* . . . . . . 274.
SECC. III. *Leyes generales del Movimiento.* . . . . . 280.
SECC. IV. *Comunicacion del Movimiento.* . . . . 294.
PARR. I. *Comunicacion del Movimiento en los Cuerpos sin resorte, ó que carecen de elasticidad.* 298.
PARR. II. *Comunicacion del Movimiento en los cuerpos de resorte ó elásticos.* . . . . 306.

TRATADO QUARTO.

TEORIA PARTICULAR DEL MOVIMIENTO compuesto, acelerado, reflexo y refracto. . . . . 325.

SECC. I. *El Movimiento compuesto rectilíneo y curvilíneo.* . . . . id.
PARR. I. *Movimiento compuesto rectilíneo.* . . 327.
PARR. II. *Descomposicion del Movimiento ó de las Fuerzas motrices.* . . . . 335.
PARR. III. *Movimiento compuesto curvilíneo.* . 341.
SECC. II. *El Movimiento acelerado y retardado.* . . 345.
PARR. I. *Leyes de la Aceleracion de los Graves.* 346.
PARR. II. *Principios físicos de la Balística.* . 366.
SECC. III. *Movimiento reflexo y refracto.* . . . . . 380.
PARR. I. *Movimiento reflexo.* . . . . id.
PARR. II. *Movimiento refracto.* . . . . 387.

TRATADO QUINTO.

Pág.

TEORIA DEL MOVIM. EN LAS MAQUINAS ó la Mecánica. . . . . 395.

SECC. I. *Principios físico-matemáticos de la Mecánica.* . . . . *id.*
SECC. II. *Las varias Máquinas.* . . . . 404.
ARTIC. I. *Teoría de la Palanca.* . . . . *id.*
PARR. I. *Accion perpendicular á la Palanca.* 406.
PARR. II. *Accion obliqüa á la Palanca.* . . . 413.
ARTIC. II. *Teoría de la Polea.* . . . . 425.
ARTIC. III. *Teoría del Torno.* . . . . 428.
ARTIC. IV. *Teoría del Plano inclinado.* . . . . 436.
ARTIC. V. *Teoría de la Rosca.* . . . . 444.
ARTIC. VI. *Teoría de la Cuña.* . . . . 448.
SECC. III. *Resistencia de las Máquinas.* . . . . . . 452.

FIN DEL INDICE.

ERRATAS.

Pág.	*lin.*	*dice*	*lee.*
7. . .	17. . .	casas	cosas.
18. . .	17. . .	concibe	se conciben.
24. . .	14. . .	descubiertas	dos cubiertas.
26. . .	6. . .	se la calienta	se le calienta.
55. . .	17. . .	extensos á indivisibles. . .	extensos é indivisibles.
69. . .	27. . .	$\frac{1}{oo}$	$\frac{1}{\infty}$.
id. . .	30. . .	$\frac{1}{oo}$	$\frac{1}{\infty}$.
73. . .	17. . .	$\frac{1}{oo}$	$\frac{1}{\infty}$.
74. . .	6. . .	ó extender.	á extender.
92. . .	25. . .	ni pueda.	ni puede.
126. . .	31 y 32.	ciertos estaláctitos.	ciertas estaláctitas.
141. . .	36. . .	á que sacrifican.	ó que sacrifican.
163. . .	15. . .	que ha debido.	ha debido.
184. . .	31. . .	por cada causa.	por causa.
191. . .	13. . .	Propiedades.	Porosidad.
414. . .	22. . .	ó la palanca.	á la palanca.
422. . .	2. . .	del ayre, la fuerza	del ayre la fuerza.
441. . .	9. . .	lanaz	lanza.
442. . .	30. . .	camino en levantarla . .	camino, ó en levantarla.
447. . .	14. . .	utilidad sea, ...	utilidad, sea.

ELEMENTOS DE FISICA.

TRATADO PRIMERO.

TEORIA GENERAL DE LA MATERIA.

La Materia puede ser objeto de nueſtras eſpeculaciones metafiſicas que no dependen mas que del *Testimonio de las Ideas*, y de nueſtras obſervaciones fiſicas que ſolo dependen del *Testimonio de los Sentidos*. Consideramos la Materia baxo de la primera relacion en el último Tratado de nueſtros Elementos de Metafiſica : vamos á exâminarla aquí baxo de la última, mucho mas extensa é intereſante que la primera.

DEFINICIONES GENERALES Y PRELIMINARES.

1. DEFINICION I. La Física es la Ciencia de los Cuerpos, es decir de todas las ſuſtancias ſensibles que componen el Univerſo.

I. Entendemos por *Materia* todas las ſuſtancias ſensibles que componen eſte Mundo, qualquiera que ſea su naturaleza, su figura, su grandor ó pequeñez.

II. Entendemos por *Sustancias sensibles* todas las Sustancias que por su reunion en una maſa mas ó ménos grande, en un volúmen mayor ó menor son capaces de hacer qualquiera impresion ſobre alguno de nueſtros Sentidos, ú ocasionar en él un movimiento orgánico que pueda dar motivo á nueſtra alma para conocer y ſentir su exîſtencia ó su naturaleza.

La idea de Materia, la idea de Sustancias sensibles, la idea de Cuerpo en general haciendo abstraccion de sus especies y sus masas, son tres ideas que tienen en el fondo un mismo objeto. Con todo se puede hacer alguna diferencia entre la *Idea* de *Materia* que es siempre abstracta é indeterminada, y ni incluye, ni excluye alguna union ó desunion en las sustancias materiales que son su objeto, y la *idea de Cuerpo* que incluye siempre en su objeto una reunion de un número mayor ó menor de Sustancias materiales en un mismo Todo.

2. Definicion II. Llamamos *Naturaleza de la Materia* las diferentes qualidades ó propiedades que la son inherentes, que la distinguen de todo lo que no es materia, y la caracterizan y especifican en su estado natural, sin exâminar que qualidades ó propiedades podria tener la Materia, ó en otro órden de cosas, ó en un estado milagroso del que prescindimos enteramente por ahora.

3. Definicion III. Llamamos *naturaleza de los Cuerpos* las diferentes qualidades ó propiedades que los distinguen en sus especies, que hacen que una especie no sea otra, y se distinga de ella tanto en sus principios como en sus efectos.

Llamamos v. g. *naturaleza del Mármol* las qualidades ó propiedades característícas del Mármol, que hacen que esta materia se distinga de qualquiera otra, como de la madera, la arcilla, el ayre, el fuego, el agua, &c.

Igualmente llamamos *naturaleza del Ayre* las qualidades ó propiedades característícas del ayre, que hacen que esta materia distinta de qualquiera otra no sea agua, ni tierra, ni fuego, ni un mineral, ni un vegetal, &c.

4. Definicion IV. Se llaman *Elementos*, *Moléculas*, ó *Atomos* de la Materia las mas pequeñas partes á que puede ser reducido un cuerpo, si se descompone.

Por exemplo: si yo pongo á la lumbre una raja de encina ó de haya, esta raja se descompone y resuelve en partículas de fuego, de ayre, de tierra, de varias sales fixas, de vapores áqüeos, oleosos, sulfúreos, &c. Estas partículas sumamente pequeñas y reducidas á su úl-

tima division natural ſon los elementos, las moléculas, ó los átomos de eſta raja. El famoſo Leibnitz da á eſtos miſmos Seres el nombre de *Mónades*. (*)

5. DEFINICION V. Se llama *Cuerpo* un conjunto mas ó ménos considerable de eſtas partes primitivas. La idea de un Cuerpo expreſa pues neceſariamente una multitud de elementos reunidos en un mismo Todo La raja de que acabamos de hablar es un Cuerpo; el agua contenida en un vaſo es un Cuerpo; un grano de arena casi inſensible es tambien un Cuerpo; un rayo de luz que de mi pupila paſa á mi retina es asimiſmo un Cuerpo. Un ſolo y único elemento de ayre, ó de agua, de mármol, ó de tierra ſeria materia, y no ſeria un Cuerpo.

6. DEFINICION VI. Los Cuerpos se dividen en cuerpos simples, y cuerpos mixtos.

Se llaman *Cuerpos simples* aquellos cuyos elementos fueſen todos de una miſma eſpecie, ó naturaleza. Se llaman *Cuerpos mixtos* aquellos cuyos elementos ſon de diferente eſpecie ó naturaleza.

Si los elementos del oro fueran todos de una miſma naturaleza, de ſuerte que cada elemento se aſemejaſe perfectamente á otro, tanto por su materia como por ſus configuraciones, el oro ſeria un cuerpo simple. Un árbol compueſto de partículas ígneas, aereas, ſalinas, oleoſas, áqüeas, y térreas enteramente deſemejantes entre sí es un Cuerpo mixto.

(*) ETIMOLOGIA. I. ELEMENTOS: principios primitivos. PRIMIGENIÆ PARTES, SEU PRINCIPIA EX QUIBUS CONFLATUR CORPUS QUODLIBET.

II. MOLECULAS: masas muy pequeñas. Diminutivo de MOLES: PARVULA MOLES: MOLECULA.

III. ATOMOS: partículas indivisibles. MOLECULA INSECABILIS, AUT QUÆ CONSIDERATUR, UT NON ULTRA SECABILIS: DE ATOMOS, INDIVISIBILIS, NON SECABILIS.

IV. MÓNADE. Ser solo y único: ENS UNICUM, ET SOLITARIUM: ENS OMNEM A SE COMPOSITIONEM EXCLUDENS: de MONOS, SOLUS. El término de MÓNADE ha sido aplicado por Leibnitz, para expresar la unicidad y simplicidad de cada ente primordial material ó inmaterial. (50)

7. Definicion VII. Las partes que componen los Mixtos se dividen en partes conſtituyentes, y partes integrantes.

Partes constituyentes de un Mixto son aquellas que por su union y combinacion determinan su naturaleza y qualidad.

Partes integrantes ſon aquellas que determinadas en su naturaleza por las conſtituyentes determinan la maſa y quantidad del Mixto. Un pedazo de Madera es determinado á ser madera mas bien que piedra por una particular mezcla de partes térreas, ſalinas, áqüeas, oleoſas, ígneas, aereas, que ſon ſus partes conſtituyentes. Eſte miſmo pedazo de madera es determinado á tener una maſa de una libra, de una onza, ó de un grano por el número de ſus partes integrantes, cada una de las quales tiene la naturaleza y qualidad de Madera.

I. Las *Partes constituyentes* de un Mixto ſon unos elementos de diferente naturaleza, que por ſu combinacion mutua conſtituyen realmente una mezcla, un cuerpo mixto, el qual participa de las propiedades de ſus diverſos principios.

Por exemplo. La *Sal comun* tiene por partes conſtituyentes el ácido y el alkali que determinan su Ser y su naturaleza. Y como eſte ácido, y eſte alkali unidos y combinados entre sí, ſon los conſtitutivos intrínſecos de la Sal comun, es evidente que no se pueden deſunir, ni ſeparar eſtos dos principios sin deſtruir la naturaleza de eſta Sal. De ſuerte que lo que haya deſpues de eſta ſeparacion no ſerá la Sal comun, sino ſolamente el ácido y el alkali de eſta miſma sal, que ſon dos coſas muy diferentes entre sí, y muy diferentes de la Sal que formaban por su combinacion. Las partes conſtituyentes se deben mirar como principios primitivos de los Cuerpos.

II. Las *Partes integrantes* de un Mixto ſon las mas pequeñas porciones que se pueden quitar al Mixto, sin quitarle su naturaleza. Las partes conſtituyentes se diferencian entre sí, y tambien del Mixto que forman. Las partes integrantes no se diferencian entre sí abſolúta-

mente en nada, ni tampoco se diferencian en quanto á su naturaleza y sus principios, de aquel Cuerpo cuya masa entran á componer.

Si se divide una masa de Sal comun en moléculas mas ó ménos pequeñas sin que se desunan el ácido y el alkali, cada una de estas moléculas tendrá siempre la naturaleza de Sal comun, como la tiene la masa entera.

Y si se supone que cada una de estas moléculas de Sal atenuadas hasta el último grado no está compuesta mas, que de un solo átomo de ácido, y de un solo átomo de alkali reunidos de suerte que no se las puede dividir mas sin separar el ácido del alkali; estas moléculas serán las partes integrantes primitivas de esta Sal.

8. Definicion VIII. Se dividen ademas los Cuerpos en Sólidos y Fluidos; se llaman *Cuerpos Sólidos* aquellos cuyos elementos adhieren los unos á los otros; Y así es cuerpo sólido un pedazo de mármol, de hierro, de madera, &c.

Se llaman *Cuerpos Fluidos*, aquellos cuyos elementos no tienen entre sí ninguna adherencia sensible. Tales son el ayre, el fuego, el agua, la luz.

I. Entre los Fluidos hay unos que se llaman *Líquidos*, y otros que se llaman simplemente *Fluidos*.

El nombre de *Líquido* se da con propiedad á ciertas especies de fluidos, cuyos elementos reunidos en masa considerable son visibles y palpables en sí mismos, y cuyas superficies se ponen por lo comun á nivel, como son el agua, el vino, la sangre, los humores, los licores de qualquier género &c.

El nombre de *Fluido* se da especialmente á aquellas especies de fluidos, cuyos elementos reunidos no son visibles, ni palpables en sí mismos, y cuyas superficies por lo comun no se ponen á nivel, como el ayre, la luz, la materia sutil.

Resulta de esta division del término genérico de Fluido que se podrian dividir los Cuerpos con propiedad y exâctitud en sólidos, líquidos y fluidos.

II. Para formarse una idea sensible de la diferencia que hay entre los Cuerpos fluidos y los sólidos.

Imagínefe en primer lugar un vafo cúbico ó cilíndrico lleno de pequeños corpúsculos en forma de globitos, ó de conos cuyas fuperficies eften fumamente alifadas, y sin ligazon ó adherencia alguna entre sí. He aquí la imágen de un *fluido*.

Líguenfe ahora y únanfe con el penfamiento eftos mismos corpúsculos por fus puntos de contacto, de fuerte que todos ellos no hagan mas que una misma mafa, tal que levantando uno ó muchos de ellos, se levanten tambien todos los demas. He aquí la imágen de un *Sólido*. Cuerpo fólido, y cuerpo duro fon en efta parte dos términos perfectamente sinónimos.

9. Definicion IX. Se llama *Fixeza* en ciertos Cuerpos la propiedad que tienen de resiftir á la accion del fuego, sin elevarfe, ni disiparfe en vapores. Se llama *Volatilidad* la propiedad opuefta que tienen muchísimos cuerpos de reducirfe á vapores ligeros que se exhalan, quando se les expone á la accion del fuego.

No eftá todavia determinado hafta que punto debe un cuerpo resiftir á la accion del fuego sin fer fublimado, para que fea tenido por Cuerpo fixo. De fuerte que regularmente se tiene á las fuftancias por *fixas* ó *volátiles*, por comparacion con otras fuftancias que lo fon ménos que ellas. El oro y la plata fon cuerpos fixos: el agua y el mercurio fon cuerpos volàtiles.

10. Definicion X. Llámanfe *Poros* en los Cuerpos los vacíos ó interfticios que dexan entre sí los elementos de materia, que forman un mismo todo fea fólido, fea fluido.

Para formarfe una idea fensible de los poros que se hallan en todos los cuerpos fean fólidos; ó fean fluidos en que se han podido hacer obfervaciones, concíbafe una cefta llena de bolas de juego, ó de piedras irregulares de diferentes figuras y volúmen. Eftas bolas, ó eftas piedras pueftas unas fobre otras fegun cayéron por cafualidad, no se tocan en todos los puntos de su superficie, y asi dexan vacíos mas ó ménos grandes, mas ó menos regulares entre fus partes fólidas. He aquí una

imágen baſtante ſemejante, y baſtante natural de la configuracion interna de todos los Cuerpos ſólidos y líquidos en que se han podido hacer experiencias; pues por eſtas se ha averiguado que todos tienen un mayor ó menor número de poros, por los quales como por otros tantos conductos entran y ſalen los fluidos mas ſutiles con muchísima facilidad.

11. Nota. Los elementos primitivos de los Cuerpos sólidos ó fluidos se deben considerar como maſas de una *dureza infinita*; pues como obſervarémos en otro lugar (145) ningun Agente criado puede dividir, ni ſeparar las partes que componen eſtos elementos primitivos, que ſon, sí divisibles en sí mismos, pero indivisibles en virtud de una ley y voluntad del Criador.

Eſta dureza infinita de los elementos primitivos no quita que los elementos infinitamente duros del agua v. g. formen un líquido; porque la naturaleza de un líquido como líquido ſolo reſulta de la falta de ligazon y adherencia entre ſus elementos.

La dureza de los Cuerpos tiene por principio la adherencia de ſus elementos en los puntos de contacto: ſea la que quiera la cauſa de eſta adherencia, que exâminarémos en otra parte. Los Cuerpos ſólidos tienen ſus elementos de una dureza infinita, ligados y adherentes unos á otros en ſus puntos de contacto. Los Fluidos tienen tambien los ſuyos de una dureza infinita, deleznables y privados de toda adherencia ſensible entre sí. Los Cuerpos mas duros ſon aquellos que requieren mayor fuerza, no para romper y dividir ſus mismos elementos, lo que es imposible, sino para apartarlos y ſepararlos unos de otros.

Quando se divide un Cuerpo ſólido no se parten ſus elementos primitivos; lo que ſolo se hace, es ſeparar eſtos elementos primitivos, sin alterar su maſa ni su configuracion.

12. Definicion XI. Llámaſe *Fenómeno* un efecto ſensible y que nos ſorprehende, el qual descubrimos en el Cielo, ó ſobre la Tierra, por medio de la simple obſervacion de la Naturaleza, ó por medio de la experiencia,

y cuya caufa no nos es fensible y evidente en sí misma. (*Met.* 83.)

Distincion entre materia y cuerpo.

13. Observacion. Se puede considerar la Materia, ó precifamente *como materia*, ó especialmente *como que compone los Cuerpos*. Vamos á considerarla baxo de eftos dos respectos en efte Tratado y en el siguiente.

I. Para comprehender la diftincion que hacemos entre Materia y Cuerpo, concíbanfe todos los diferentes cuerpos que forman el Univerfo reducidos á su última division natural, ó refueltos en fus elementos primitivos, que en tal cafo quedarian feparados unos de otros, y esparcidos en el feno del Vacío inmenfo, como se los figuraba Epicuro antes del origen de las cofas, cuya formacion emprendió explicar.

En efta hipótesis evidentemente posible habrá *Materia*, y no habrá *Cuerpo alguno*. Se puede pues considerar la Materia como Materia, sin considerarla aun como que conftituye los Cuerpos.

II. Se ve pues claramente por efta hipótesis qual es el objeto fixo de eftos dos primeros Tratados, en los que hemos de exâminar qual es la *naturaleza de la Materia*, y qual es la *naturaleza de los Cuerpos*, y qual el fundamento de la diftincion que hacemos entre eftos dos objetos.

Division de este primer Tratado.

¿Que extension conviene á la Materia? ¿Hafta que punto eftá dividida? ¿Hafta que punto es divisible? ¿La materia por sí misma es activa ó pasiva? ¿La materia es homogénea ó heterogénea en su fer primitivo? Refolver eftas qüeftiones es el interefante objeto de nueftras inveftigaciones fobre la naturaleza de la Materia. La *Extension*, *Division*, *Divisibilidad*, *Inercia* y *Homogeneidad* de la Materia exîgen para fer expueftas con claridad, otras tantas Secciones diferentes.

SECCION PRIMERA.

EXTENSION DE LA MATERIA.

14. Definicion. La *Extension* es ó penetrable ó impenetrable. La *Extension penetrable* es el espacio, ó capacidad de recibir los cuerpos. La *Extension impenetra-* *b*[illegible] materia colocada en el espacio. El espacio pue- [illegible] sin contener materia alguna; la materia no pue- [illegible] sin ocupar alguna porcion del espacio infinito. [illegible] 42.)

[illegible]sercion I. *La propiedad caracteristica de la Ma-* [illegible] *propiedad por la que la distinguimos de todo lo que* [illegible]*ateria, es la Extension sólida é impenetrable.*

[illegible]cacion. Lo primero que se presenta á nues- [illegible]s, ó á lo ménos á nuestros sentidos quando exâ- [illegible] los Cuerpos que nos rodean, es su *extension* á lo [illegible] á lo ancho, y á lo hondo ó profundo. Estas tres [illegible]iones que los Geómetras consideran separadas una [illegible]a, estan siempre unidas inseparablemente en el es- [illegible]sico de los Cuerpos.

[illegible]que [illegible]omo no hay cuerpo alguno en el que no con[illegible] ménos dos superficies realmente distintas u[illegible]a, y como la multitud de superficies hace una *Pr*[illegible]*dad*, y las superficies resultan de la union de líneas que hacen una *Anchura*, y las líneas se forman de un número de puntos que hacen una *Longitud*, es evidente que el menor, ó mas pequeño cuerpo es forzosamente largo, ancho y profundo.

16. Asercion II. La *Extension es una propiedad inseparable de la Materia, pero no constituye su esencia.*

Explicacion. La Extension es una propiedad inseparable de la Materia, pues que no se puede concebir materia sin concebir en ella una extension real, mayor ó menor; y pues que segun el principio fundamental de todas las Ciencias, todo lo que se concibe necesariamente en una cosa, está indudablemente en ella (*Met.* 307, y 910.)

Pero no se sigue de aquí que la extension ſea la eſencia de la Materia, pues la eſencia de toda porcion determinada de materia es ſeguramente determinada é inmudable; y ſegun los principios de la Religion es cierto que tal y tal porcion determinada de materia, conſervando siempre su misma eſencia, puede milagroſamente crecer en extension real por la reproduccion, y disminuir en extension real por la compenetracion, como lo hemos explicado y demostrado considerando la Materia en un eſtado milagroſo y ſobrenatural. (*Met.* 899, y 903.)

Despues de haber echado eſta simple y ſucinta ojeada ſobre el eſtado Metafísico de la Materia, nos ceñirémos en adelante á considerarla pura y simplemente en su eſtado natural.

17. Asercion III. *La Materia en su estado natural es una sustancia extensa é impenetrable.*

Demostracion. I. La Materia es una *substancia*, pues que se la concibe en sí misma y por sí misma; pues que despues de haber recibido la exîſtencia por la accion criadora del Omnipotente exîſte en sí misma, y por sí misma, en lo que se diferencia de las *Modificaciones* que no pueden exîſtir, ni concebirſe, sino en la ſuſtancia modificada. (*Met.* 113, y 114.)

II. La Materia es una *Sustancia extensa*, pues que todas las ſuſtancias materiales que podemos obſervar se nos preſentan baxo de la idea de extension, y á qualquiera pequeñez por mínima que ſea á que se reduzca por nueſtro entendimiento un elemento de materia, concibe aun en eſte elemento muchas ſuperficies de las que una no es otra, y cada una tiene su extension aparte. ¿Que se debe afirmar de las coſas sino lo que los ſentidos nos mueſtran, y el entendimiento concibe en ellas?

III. La Materia es una *Sustancia impenetrable*, pues que todo elemento de materia ocupa exclusivamente un espacio al qual corresponde por ſus partes reales y positivas, sin que eſté en nueſtro poder hacerla perder la menor parte de su extension intrínſeca y abſoluta. (*Met.* 901.)

Para hacernos ſensible eſta teoría, concibamos una pulgada cúbica de oro en que haya una ſuma cabalmente igual de vacíos y de elementos: la ſuma de su extension real y positiva, ſuſtrayendo la ſuma negativa de los vacíos, ſerá una media pulgada cúbica. A fuerza de machacar eſte oro se podrá forzar á ſus elementos á que se aproxîmen unos á otros dexando entre sí vacíos mas pequeños; pero aunque se les comprima quanto se pueda, no se conseguirá mas que reducirlos á una media pulgada cúbica de extension, sin poder lograr jamas que eſta quantidad de materia ocupe ménos de una media pulgada cúbica de extension.

IV. Reſulta pues de lo que acabamos de decir y demoſtrar, que la Materia en su eſtado natural es siempre una ſuſtancia extenſa é impenetrable; y que la cantidad de su ſubſtancia real y positiva es siempre igual á su extension abſoluta é impenetrable. L. Q. P. D.

18. Corolario. Reſulta igualmente de todo lo que hemos dicho ſobre la Materia y la Extension, que *todo elemento de Materia exíste necesariamente en sí mismo, en un punto qualquiera del espacio, y excluye positivamente de este punto del espacio que él ocupa, qualquier otro elemento de materia.* De tal ſuerte que dos elementos de materia no pueden jamas sin un milagro de primera claſe exîſtir ambos juntos en un mismo espacio.

Lo que decimos de un elemento de materia se debe decir igualmente de un cuerpo, ó de un conjunto de elementos. Todo cuerpo ocupa exclusivamente un espacio igual á la ſuma de todos ſus elementos.

Quando se comprime un cuerpo, se coſtriñe á ſus elementos á aproxîmarſe unos á otros; se disminuye la ſuma de los poros que hay entre eſtos elementos; pero no se deſtruye, ni disminuye en nada su extension intrínſeca y abſoluta, que se debe diſtinguir siempre de la extension de ſus poros ó de ſus vacíos.

La mayor Compresion posible, si pudiera verificarſe ſeria la contigüidad completa de todos los elementos con privacion entera de poros y vacíos en el cuerpo así com-

primido, pero una compresion como esta excede las fuerzas de los Agentes criados, quienes nunca pueden hacer perder á un cuerpo todos sus vacíos.

19. Nota. No exâminarémos por ahora si la *Extension que conviene á la Materia pertenece á todos sus elementos cada uno de por sí*: de suerte que cada elemento de por sí tenga su extension á parte real é independiente de su union con otro elemento.

O si esta Extension que conviene á la Materia siendo ninguna en cada elemento de por sí, se hace positiva y real por la reunion de muchos elementos, de suerte que cada elemento de por sí sea inextenso, y una suma de elementos sea extensa.

Esta famosa qüestion la exâminarémos y decidirémos en la tercera Seccion siguiente, donde viene mas al caso.

SECCION SEGUNDA.

DIVISION DE LA MATERIA.

Como la mayor parte de los fenómenos maravillosos que nos presenta por todas partes la Naturaleza visible, no pueden explicarse sin suponer en los elementos de la Materia una division inconcevible; es sumamente importante empezar exâminando quan dividida está efectivamente la Materia, ó de quan prodigiosa pequeñez son realmente sus elementos; y así vamos á establecer esta teoría ciñéndonos á hacerlo por medio de pruebas de hecho, ó de experiencia.

PROPOSICION.

20. *La Materia es mas divisible que lo que nuestra imaginacion puede concebir: ó lo que es lo mismo, los elementos de la Materia son de una tenuidad tan suma, que excede á quanto nosotros podemos imaginar y comprehender.*

Explicacion. La ductilidad de los Metales, la difusion de los Olores, la vida de los Animalillos imperceptibles y la emanacion de la Luz son las principales experiencias ú obſervaciones, que eſcogemos para hacer ſensible la Verdad que vamos á demoſtrar. Adoptamos eſtas pruebas aunque pudiéramos ſervirnos de otras muchas, porque ſon mas apropósito para ſervir de introduccion general á la Física, por lo mucho que pueden iluſtrar varios objetos generales de la Naturaleza visible.

DEMOSTRACION PRIMERA.

DUCTILIDAD DE LOS METALES.

Las Artes deben su iluſtracion á la Física; la Física ſaca tambien á veces una nueva iluſtracion de las Artes. Vamos á considerar por algunos momentos las maniobras que emplean los Batidores y Tiradores de Oro, para batir é hilar eſte duro metal; pues de ellas ſacarémos una prueba ſensible de la prodigioſa division de la Materia.

21. Definicion. Se llama *ductilidad de los Metales* aquella propiedad que tienen ſus partes integrantes de extenderſe sin deſunirſe.

Eſta propiedad no es otra coſa que la adherencia continua de las partes integrantes, la qual hace que eſtos cuerpos puedan ceder á la percusion y á la presion, y tomar diferentes figuras, sin que haya fractura ó ſolucion de continuidad entre ſus partes; lo que ſucede, porque á medida que las partes contigüas ſon forzadas á ſepararſe, hay otras que se juntan por una y otra parte á las que se ſeparan. Es muy verosímil que la figura de las partes elementares de los cuerpos dúctiles contribuya muchísimo á su ductilidad: pero como no tenemos conocimiento alguno de eſta configuracion, no podemos explicar con mas individualidad en qué consiſte la Ductilidad de los Metales.

El mas dúctil de todos los Metales es el oro: y así

vamos á hacer en él nueſtras obſervaciones ſobre eſta propiedad de los cuerpos metálicos.

BATIDORES Y TIRADORES DE ORO.

22. Observacion I. Los *Batidores de Oro*, ó los Artífices que baten el oro y lo reducen á hojas, han hallado el arte de darle una extension tan prodigioſa que es capaz de paſmar la imaginacion mas atrevida. El Filóſofo Boyle es uno de los primeros que han hecho la obſervacion de que una cantidad de oro del peſo de un grano, (ó que no peſe mas que la quincentésima ſeptuagésima ſexta parte de una onza) adquiere mediante los golpes del martillo, y la compresion de los rodillos que le reducen á hojas, una extension de cinquenta pulgadas quadradas.

I. La longitud de una pulgada contiene á lo ménos doſcientas partes visibles, pues hay inſtrumentos de Matemática en que una pulgada eſtá dividida en cien partes, cuyas mitades se pueden percibir facilmente, si se miran con atencion. Luego multiplicando la longitud por la latitud, una hoja de una pulgada quadrada tendrá 40,000 partes visibles en su ſuperficie ſuperior, y otras tantas en su ſuperficie inferior, lo que hace 80,000 partes visibles. Luego una ſuperficie de cinquenta pulgadas tendrá 4,000,000 de partes visibles. He aquí pues un grano de oro dividido en quatro millones de partes que la viſta puede percibir y diſtinguir.

II. No siendo un grano mas que la quincentésima ſeptuagésima ſexta parte de una onza, para ſaber el número de partes visibles que tiene una onza entera de oro no hay mas que multiplicar 4,000,000 por 576, ſalen 2,304,000,000 de partes visibles, y así otras tantas ſon á las que el arte reduce una ſola onza de oro.

23. Observacion II. Los *Tiradores de Oro*, ó los Artífices que preparan el hilo de plata para hacer de él galones y telas, aumentan aun mucho mas eſta prodigioſa extension del oro quando le tiran.

I. Con una quantidad de Oro que no pasa nunca de seis onzas, y que á veces es ménos hasta quedarse en una onza, cubren un *cilindro de plata* de veinte y dos pulgadas de largo sobre quince lineas de diámetro, y del peso de quarenta y cinco marcos.

II. Este cilindro dorado le hacen pasar sucesivamente por los varios agujeros de una planchita de acero que llaman hilera, los quales van siempre estrechándose desde el primero hasta el último, de modo que alargándose siempre el cilindro, y perdiendo al mismo paso de su diámetro, viene en fin á ser tan delgado como un pelo, y de una longitud que casi llega á la de 97 leguas de 2000 toesas cada una.

24. EXPLICACION I. Las hojas de Oro con que se cubre el cilindro de plata se unen íntimamente á su superficie, y hacen como un todo con la plata que está envuelta en ellas, pegándose á ella con bastante fuerza. La causa principal de esta fuerte adherencia de las hojas de oro con el cilindro de plata parece ser la grande afinidad que tiene el oro con la plata; así como la tiene tambien mayor ó menor con todas las sustancias metálicas aunque no la tiene igualmente con las sustancias no metálicas (85).

II. Segun va pasando sucesivamente el oro por los diferentes agujeros de la hilera, se va extendiendo sobre el cilindro de plata á medida de que este se alarga y queda pegado á él en fuerza de su ductilidad y afinidad con la plata. El hilo dorado que resulta de esta operacion es todavía un pequeño cilindro de plata á quien el oro que se ha extendido cada vez mas, sirve por todas partes de cubierta, y se le da el nombre *de tirado*.

III. Este hilo así dorado se le hace pasar por entre dos rodillos de acero que le aplastan á modo de una chapa muy delgada, y con él se cubre despues un hilo de seda que se emplea en diferentes manufacturas. Al pasar por los rodillos el cilindro dorado ó el tirado, se extiende á lo largo y á lo ancho, de suerte que viene á hacerse una séptima parte mas largo de lo

que era ántes ; y así en lugar de noventa y siete leguas de largo que ántes tenia , tendrá ahora, y deberémos contar 111.

IV. El dorado que cubre el hilo aplaftado se debe considerar como dos chapas de oro aplicadas á las dos fuperficies de la chapa de plata ; teniendo pues cada una de eftas chapas 111 leguas , las dos juntas tendrán 222.

V. Aplaftándofe el hilo dorado al pafar por entre los rodillos , adquiere una anchura de casi una *octava* parte de línea , la qual puede fácilmente dividirfe en dos porciones fensibles. Se podrá pues dividir el hilo en toda su longitud en dos chapitas muy angoftas , cada una de las quales tendrá fus defcubiertas de oro , y por consiguiente en lugar de dos chapas de oro , deberémos contar quatro de 444 leguas de largo cada una.

VI. Suponiendo pues que en dorar el hilo se ha gaftado la menor cantidad de oro que sea posible , tendrémos una onza de oro hecha quatro chapas , cuya fuperficie visible tiene 444 leguas de longitud. Multiplicando ahora cada legua por 200 toefas , cada toefa por 6 pies , cada pie por 12 pulgadas , y cada pulgada por 200 partes que la vifta diftingue fácilmente en la longitud de una pulgada, vendrémos á facar que una onza de oro se extiende y divide efectivamente en 888,000 toefas, 5,328,000 pies, 63,936,000 pulgadas, 12,787,200,000 partes visibles.

VII. Pero si se reflexîona que la chapita de oro que cubre por ámbas partes la chapa de plata no se la ve mas que por la cara exterior , y que se la podria igualmente ver por la cara interior que tiene pegada á la plata , se conocerá claramente que se puede aumentar otro tanto el número de partes fensibles en sí mifmas , que acabamos de demoftrar que tiene efta onza de oro ; así como el número de partes sensibles de una hoja de oro batido se debe duplicar por razon de las dos caras que tiene.

25. Corolario. Si los Artífices humanos valiéndofe de fus inftrumentos groferos pueden executar una divi-

vision tan prodigiofa en la Materia ; ¡ hafta donde no podrá dividirla el Artífice Supremo, que para obrar no tiene mas que querer, y á quien todo lo que no repugna es igualmente posible!

26. Nota. Por medio del mismo mecanismo con que se convierten en hojas el oro y la plata, se convierten tambien el hierro y el cobre. Pero el oro, la plata y el cobre fon los tres metales que se emplean comunmente para dorar.

27. Definicion. El *Arte de dorar* es el arte de aplicar una capa de oro fumamente delgada á la fuperficie de varios cuerpos, para darles todas las apariencias exteriores de efte preciofo metal. El oro deftinado para dorar debe eftar reducido á hojas, ó á partes muy futiles.

DORADO VERDADERO Y FALSO.

28. Descripcion I. El *dorado verdadero* se da ó con hojas, ó con polvos de oro que se aplican de varios modos á las fuperficies de los cuerpos á quienes se quiere dar la brillantez y hermofura de efte metal. Describirémos algunos de los modos de hacer efta operacion.

1. El oro se une muy bien mediante folo el contacto con las fuftancias metálicas que fon ductiles como él, y con quienes tiene baftante afinidad. Se le aplica en hojas á la fuperficie bien lifa y limpia del metal que se quiere dorar, por exemplo de la plata ó del cobre. Y mediante un grado de calor proporcionado, y de la frotacion que se hace con una piedra hemática, llamada *Sanguinaria* se le hace adherir perfectamente á la fuperficie del metal, que con folo efto queda dorado. Efta perfecta adherencia proviene de que las partes recíprocas de eftas dos fuftancias ductiles en fuerza de su afinidad, se insinuan con facilidad unas en los poros de otras, mediante el calor y frotacion: y se unen mutuamente como por medio de infinitos clavitos imperceptibles que introduciéndofe en los huecos que hace abrir el calor en eftas fuftancias ductiles quedan agarrados, quando eftos huecos se cierran

enfriándose los metales. Este modo de dorar llaman nuestros Artífices *dorar á hoja.*

II. Como el oro en polvos se une y adhiere al azogue, y se amalgama con él, se hace de esta mezcla ó *amalgama* del oro con el azogue una masa con que se baña el metal que se quiere dorar, se la calienta despues lo suficiente para hacer evaporar el azogue, y se le bruñe frotándole ó puliéndole con la piedra sanguinaria. Este dorado le llaman de *molido.*

III. Se disuelve una pequeña quantidad de oro en agua regia, se empapan lienzos en esta disolucion, se les quema, y se guarda la ceniza que es toda negra. Con esta ceniza se frota con agua la superficie de una chapa ú hoja de plata con un trapo ó con los dedos, y mediante esta friccion pierde la ceniza las partículas de oro que contiene, y quedan estas bastante adherentes á la superficie de la chapa ú hoja de plata. Se laba despues esta para quitarla la parte térrea de la ceniza, y puliéndola con la piedra sanguinaria se la da fácilmente, y á muy poca costa un color de oro muy bello. De este modo suelen estar doradas muchísimas joyecitas que hay de mucha apariencia y poco valor. Esta operacion llaman *dorar á cenizas.*

IV. Se aplica tambien el oro aunque con mucha ménos adherencia á la superficie de los cristales, porcelanas y otras materias vitrificadas y bien lisas. Se les expone á un grado proporcionado de calor, y bruñe despues ligeramente para darles su brillantez. En todas estas operaciones el calor abre y dilata los poros de las superficies lisas, á quienes se ha aplicado la hoja de oro, y la presion del colmillo con que se las pule hace que la hoja de oro en fuerza de su ductilidad se insinue en estos poros como en una infinidad de agujeritos, fixándose y uniéndose á las sustancias que se quiere dorar á medida que el calor se templa y acaba, y los poros vuelven á cerrarse. La adherencia del oro á las substancias vitrificadas es incomparablemente menor que á las metálicas; ó ya porque la presion que le une á las substancias vitrificadas no puede ménos de ser mucho mas débil, ó ya porque no siendo re-

cíproca la ductilidad que debe ſer el fundamento de eſta union, las ſubſtancias vitrificadas no se extienden para recibir y agarrar los clavitos de oro que se introducen en ſus concavidades; ó ya en fin, y eſta es la cauſa principal, porque el oro no tiene con eſtas ſuſtancias vitrificadas la afinidad neceſaria para unirſe y pegarſe íntimamente á ellas.

V. Como el oro no se une con ſolo el contacto á las ſubſtancias no metálicas, y muchas de eſtas ſuſtancias por ſer muy heterogeneas no pueden jamas adquirir una ſuperficie baſtante liſa, y baſtante ſólida por igual, para resistir en todos ſus puntos con uniformidad á la presion del colmillo, sin lo qual la hoja de oro se rasgaria en vez de extenderſe y pegarſe; es neceſario antes de aplicar el oro á eſtas especies de ſubſtancias, por exemplo á la piedra ó la madera, darlas varias manos ó capas de alguna ſubſtancia tenaz y pegajoſa que agarre y retenga el oro. Eſtas especies de ſubſtancias tenaces y pegajoſas con que se aparejan las ſubſtancias no metálicas para dorarlas, se llaman en general *Mordientes ó Sisas.* Sobre eſtos mordientes se aplica el oro en hoja ó en polvos; y quando todo eſtá bastante ſeco, se pule con un diente de lobo, ó piedra de figura de un colmillo, lo que se llama *bruñir.*

29. Descripcion II. El *dorado falso* es aquel que para darle no se uſa efectivamente de oro, ó en cuya composicion no entra nada de oro.

I. De eſta especie es el color de oro que se da al laton ó á la plata, dándoles un *barniz pajizo dorado*, el qual siendo transparente dexa percibir todo su brillo. Se hacen baſtantes adornos de cobre barnizados de eſte modo, que se llaman de *color de oro*, para diſtinguirlos de los que estan verdaderamente dorados.

II. Lo que parece hoja de oro en casi todos los Cuerpos dorados no es sino hoja de plata á quien se da el color de oro con el barniz de que acabamos de hablar.

III. Lo que hace parecer dorado el papel, tampoco es hoja de oro sino de cobre batido que se le pega con cierta especie de cola.

30. Nota. En tirar ó hilar el Arte los metales del modo que se acaba de explicar, imita á la Naturaleza sin advertirlo.

El *Gusano de la Seda* tiene una hilera natural con la que amolda el hilo preciofo de que hace su capullo. Efte hilo es tan fino que 300 anas (a) de el en que se hizo la experiencia no pesáron mas que dos granos y medio. De fuerte que no se necesitan ménos de 69120 anas para componer el pefo de una onza.

El hilo de la *Araña* de que se ha llegado á hacer guantes y medias baftante fuertes y fuaves, se hace tambien por un mecanismo semejante, y es sin comparacion mas fino que el del gufano de la feda.

Uno y otro al falir de la hilera del animal no fon mas que un fuco viscofo que se endureze al ayre, como el betun y el barro húmedo, por la disipacion de las partes húmedas que se evaporan, y la union mas eftrecha de las parte fólidas que se acercan.

DEMOSTRACION SEGUNDA.

DIFUSION DE LOS OLORES.

31. Experiencia. Sea una pequeña Eolípila de vidrio A B D en que se haya echado una mediana cantidad de un licor olorofo, como agua de flor de naranjas, ó aguardiente cargado de efpliego. Póngafe efta sobre algunas brafas ó fobre alguna candela encendida (*Fig.* 2.)

Efectos. Quando el licor se calienta y empieza á herbir se ve salir por el pico de la Eolípila un vapor abundante que se percibe en qualquier sitio de la Sala, sin que se advierta ninguna diminucion fensible en el volúmen del licor quando se dexa la experiencia al cabo de dos ó tres minutos.

32. Explicacion. El vapor que se ve falir del pi-

(a) Ana, medida de 3 pies y 8 pulgadas de Paris.

co de la Eolípila, y cuyo olor se percibe en toda la Sala no es otra cosa que la parte mas evaporable del licor que el fuego ha separado de toda su masa, y que se ha extendido por toda la Sala en partículas sumamente divididas. Estas partículas á pesar de lo poco que han disminuido el volúmen del licor de donde han salido, se hallan en bastante número en cada parte de la Sala para hacer una impresion bien clara y distinta sobre las fibras del olfato. Sobre lo qual se pueden hacer las reflexîones siguientes.

I. ¡Quan inmenso debe de ser el número de partículas evaporadas! Suponiendo que la Sala siendo bastante pequeña no tiene mas que quince pies justos de largo, ancho y alto, tendrá 3375 pies cúbicos de ayre: teniendo un pie quadrado 20,736 líneas quadradas, un pie cúbico tendrá 429,981,696 líneas cúbicas, que multiplicadas por 3375 pies cúbicos de ayre que tiene la Sala de que vamos hablando darán 1,451,188,224,000 líneas cúbicas para toda la Sala. Supongamos ademas que el licor evaporado sea de dos líneas cúbicas (que es mucho) y que no haya en cada línea cúbica de ayre mas que quatro partículas odoríferas (que es demasiado poco): para sacar en limpio el número de partículas odoríferas que han dado estas dos líneas cúbicas de licor evaporado, se deberá multiplicar por 4 el último número precedente. Hecho lo qual tendrémos, que dos líneas cúbicas de licor se han dividido en 5,804,752,896,000 partes.

II. Pero lo que hace que se sienta el olor en toda la Sala, no es todo el licor evaporado sino la menor parte de él. Porque en un licor oloroso se deben distinguir las partes propias del líquido, de las partes de que está impregnado, que son muchas ménos que las suyas propias. Suponiendo pues que la parte olorosa sea una quarta parte de todo el líquido evaporado (que es conceder mucho) una media línea cúbica que es la quarta parte de las dos líneas cúbicas evaporadas, se habrá dividido en 5,804,752,896,000 partes.

III. Pero esta media línea cúbica del líquido oloro-

so evaporado y esparcido con bastante igualdad por toda la Sala no era toda materia ántes de la evaporacion, sino que tenia como todos los cuerpos líquidos y sólidos sus poros ó vacíos que disminuyen bastante su masa positiva, ó su quantidad absoluta de materia. El oro, por exemplo, que aun tiene una quantidad considerable de poros ó vacíos, no es diez y nueve veces y media mas pesado que el agua, sino porque baxo de igual volúmen tiene diez y nueve veces y media mas elementos de materia que el agua. Luego aun suponiendo que el oro sea todo materia, ó que no tenga ningun poro ó vacío, un líquido igual en peso al agua deberá tener casi veinte veces mas vacíos, que llenos, ó lo que es lo mismo veinte veces mas extension vacía y penetrable, que sólida é impenetrable. Supongamos pues que el licor contenido en la eolípila es igual al agua en densidad y peso: aun así tendrémos que la media línea de materia olorosa no es en suma mas que casi la vigésima parte de una media línea cúbica de materia sin poros ni vacíos.

IV. Cada porcion de una media línea cúbica de materia dividida en veinte partes iguales no abultaria mas que un pequeño grano de arena. ¡He aqui pues una cantidad de materia que reunida no excederia el volúmen de un grano de arena dividida por la accion del fuego en 5,804,752,896,000 partes! ¡Que inconcevible pequeñez no deben tener estas partes odoríferas: y que finura y movilidad no deben tener las fibras de nuestro olfato, pues que son sensiblemente afectadas y movidas por ellas! ¡Quan grande y admirable es en sus Obras este Artífice adorable que formó estos elementos para nuestros órganos, y nuestros órganos para estos elementos!

CUERPOS OLOROSOS: ENFERMEDADES CONTAGIOSAS.

33. Aplicacion. I. La difusion de los Olores se obra naturalmente en las flores, las plantas, los frutos, los animales, y en todos los *Cuerpos odoríferos* por medio de un mecanismo bastante semejante al de la experien-

cia de que acabamos de hablar. (*fig.* 2.)

Una fermentacion interior ocasionada, ó por el fuego elementar que eftá esparcido por toda la Naturaleza, ó por el calor vivificante del Sol que da accion y movimiento á todo lo que vive y vegeta, ó por alguna otra caufa que varia fegun la naturaleza de el fugeto en que obra, hace en el cuerpo olorofo, v. g. en una rofa, en un grano de almizcle, en un cuerpo que se corrompe, lo que hace el calor del fuego en el líquido encerrado en la Eolípila A. B.: es decir que efta fermentacion ocasiona en efta rofa, ó en efte grano de almizcle, ó en efte cuerpo que se corrompe, una evaporacion invisible, pero real y permanente, baftante femejante á la que se percibe en el pico de la Eolípila puefta al fuego. Efta evaporacion, como hemos dicho de la del licor de que acabamos de hablar, no es folo de las partes olorofas, sino tambien de las que no lo fon; y unas y otras se extienden y mezclan á una diftancia y altura mas ó menos grande con la mafa del ayre que nos rodea.

De eftos principios tan inconteftables como fensibles, nace la explicacion de varios fenómenos que la Naturaleza nos prefenta á cada pafo.

I. Un perro sigue á su amo ó á una liebre, aplicando de tiempo en tiempo las narices al camino por donde han pafado: por que en el hombre y en la liebre hay una fermentacion conftante que hace falir por fus poros un torrente continuo de corpúfculos imperceptibles que pegándofe mas ó ménos á fus huellas sirven de guia al perro, que con su olfato fumamente fino las defcubre y diftingue, para bufcar ó feguir á fu amo, ó á la liebre.

II. Hay cuerpos olorofos, que defpues de un cierto tiempo mas ó ménos largo pierden su olor, ó ya porque fus partículas evaporables se han acabado muy pronto, ó ya porque la fermentacion que debe ocasionar la evaporacion cefa ó se detiene abfolutamente ó de tiempo en tiempo.

III. Hay otros cuerpos olorofos que confervan conftante y perfeverantemente su olor, porque su fermenta-

cion ſensible ó inſensible es conſtante y permanente, y porque siendo ſumamente pequeñas las partículas que exhalan pueden ſufrir una muy larga y muy durable evaporacion. Así ſucede con un *grano de Almizcle*, cuyo olor se puede percibir de ſuerte que incomode por espacio de veinte años, en una Sala cuyo ayre se renueve todos los dias, sin que despues de eſte tiempo se advierta disminucion muy ſensible ni en su peſo, ni en su volúmen.

Supongamos que eſte grano de almizcle se le tiene por espacio de veinte años en la misma Sala que la Eolípila, cuyas partes evaporadas acabamos de calcular. Supongamos tambien que es neceſario un dia entero, para que el ayre que se renueva diariamente se impregne ſuficientemente de su olor. Para averiguar la ſuma de partes que ha exhalado de sí eſte grano de almizcle, no tenemos mas que multiplicar el número á que hemos demoſtrado que aſcienden las partes del licor evaporado de la Eolípila (ó 5.804,752,896,000) por veinte veces 365.; que ſon los dias que tiene un año; y eſto nos dará 42,374,696,140,800,000, partículas exhaladas de eſte grano de almizcle, sin que la cantidad de materia que se ha dividido en eſtas partículas disminuya ſensiblemente su maſa ¡Que número, que pequeñez en eſtas partículas oloroſas! El entendimiento se pierde y confunde contemplando eſtos maravilloſos fenómenos.

IV. Entre los olores hay unos que nos agradan y otros que nos moleſtan. Los olores agradables ſon aquellos que ocasionan en las fibras del olfato una conmocion á la qual eſtá unida una Senſacion mental mas ó ménos agradable y liſonjera. Los moleſtos al contrario ſon aquellos que ocasionan en las fibras del olfato una conmocion que nos debe cauſar una ſenſacion mental mas ó ménos enfadoſa y deſagradable.

No se puede dar una explicacion mas clara en eſta materia, por que no hay medio alguno para descubrir como y por que tal olor es capaz por la naturaleza de los corpúsculos que le producen, de ocasionar en noſotros una ſenſacion agradable, mas bien que una deſagradable.

y

V. Un mismo olor puede agradar á unos y desagradar á otros, segun la diversidad de sus órganos. A los mas les es agradable el olor de la rosa por la conmocion suave, y delicada titilacion que los corpúsculos que emanan de ella, producen en las fibras de su olfato; pero á otros cuyo olfato está compuesto de fibras mas sutiles, mas móviles y mas penetrables les causarán estos mismos corpúsculos una conmocion demasiado violenta, y un punzamiento demasiado molesto, en fuerza del qual se alterará y turbará la economía animal del Cerebro, y de consiguiente se inquietará y asustará el alma, siempre interesada y atenta á conservar el buen estado de todo el Individuo. Este olor será pues desagradable é insoportable á esta clase de personas, porque la conmocion muy violenta que les ocasiona hace que le tengan por perjudicial y funesto.

VI. A veces sucede que un olor que nos ha disgustado en un tiempo despues no nos disguste, y aun acaso nos agrade, como se ve en el olor del tabaco y de los vapores de la cerveza. Esta diversidad proviene, ó de que las fibras del olfato que son los únicos jueces del olor se mudan con el temperamento; ó de que el uso y hábito de las cosas dan insensiblemente una nueva naturaleza á nuestros órganos; ó en fin de que algunos de nuestros juicios en punto á sabores y olores dependen mucho de la imaginacion, la qual alarmada al principio ó por algunas apariencias de perjuicio que el tal olor podia causar al individuo, ó por algunas impresiones nuevas y sospechosas, hace nacer con precipitacion en el alma sentimientos de aversion á ciertos objetos; y asi sucede que desengañada esta despues por la experiencia, se acostumbra poco á poco á aquellas mismas sensaciones y objetos que habia falsamente tenido por perjudiciales y funestos.

34. Aplicacion II. Por los principios que acabamos de establecer y ampliar, se entiende fácilmente en que consiste que se comuniquen las *Enfermedades contagiosas*: que un apestado v. g. que haya en una Ciudad la inficione toda, y despues toda una Provincia, y aun todo un Reyno.

Hay en el *Apestado* una violenta efervescencia que ocasiona en él una emanacion permanente de corpúsculos venenosos, sea la que quiera la causa y naturaleza de este veneno fácil de comunicarse; misterio que aun no nos han podido explicar los Médicos y Físicos mas ilustrados. Estos corpúsculos venenosos emanados de el sujeto apestado se pegan á los muebles, alimentos, personas, paredes, y á toda la masa del ayre que tiene al rededor de sí.

Los que respiran esta masa de ayre infestada introducen en sus pulmones mediante la inspiracion una quantidad cada vez mayor de estos corpúsculos, que mezclándose continuamente con la sangre y humores, y circulando sucesivamente por las diversas partes del Cuerpo alteran con mas ó ménos prontitud los principios de la economía animal, y engendran la misma especie de desórden y corrupcion que les ha producido, ocasionando igualmente una efervescencia perjudicial y destructiva, que produce tambien una emanacion semejante de corpúsculos venenosos, capaces de causar los mismos efectos y estragos.

El mal crece y se aumenta con las causas que le producen: bien pronto algunas *Personas inficionadas* inficionan millares de otras, y hecha la peste cada vez mas comun y general, se aumenta y fortifica de dia en dia con el número de las infelices víctimas que devora, y que convierte en nuevos manantiales de corrupcion y contagio.

DEMOSTRACION TERCERA.

VIDA DE LOS ANIMALILLOS IMPERCEPTIBLES.

La *invencion de los Microscopios* ha hecho descubrir en la Naturaleza un nuevo mundo de seres vivientes y animados, dignos de la atencion y admiracion de un Filósofo. Vamos á referir aquí y observar los maravillosos descubrimientos que debemos á este instrumento, y

que nos servirán para formar una idea mas completa de la prodigiosa division de la Materia.

35 Experiencia I. Despues de haber fixado horizontalmente un Microscopio solar en un agujero hecho en el postigo de una ventana de un quarto bien cerrado, y haberle dispuesto de suerte que los rayos del Sol que caen sobre el espejo colocado fuera del microscopio reflexen sobre el objeto y la lente del microscopio, y pasando por medio de este vayan á dar en la pared opuesta que debe estar bien blanqueada, ó cubierta de un carton blanco muy grande.

Póngase en el Transporta-Objetos que debe ser un vidrio muy delgado y muy limpio, un poco del polvo que se forma en el queso seco, distribuyéndolo de suerte que no pueda impedir el tránsito de la luz, y colóquesele en el punto conveniente en una direccion paralela al objeto y á la lente.

Efectos. Hecho esto; se verá pintarse sobre la pared ó el carton un hormiguero de animales de una misma especie, todos vivos y animados, tan grandes que algunos parecerán casi doble mayores que las ranas mas grandes. En esta pintura se observará distintamente su figura, su cabeza, sus principales miembros, los pelos ralos de que están cubiertos, el movimiento y aun la especie de movimiento que tienen; se podián contar sus pies, distinguir sus diversas articulaciones, y se llegará á percibir hasta la circulacion interna de sus humores.

Explicacion. Este polvo del queso, en el que la vista mas perspicaz no descubre cosa alguna viviente y animada, está compuesto de unos *animalillos* enteramente semejantes entre sí y de una misma especie, que se llaman *Aradores*, y de pequeños corpúsculos inanimados é irregulares, que acaso serán los alimentos ó escrementos de esta pequeña República. En este polvo no se halla mas que una especie de animalillos; sin duda porque este alimento no es conveniente para otra especie de animales microscópicos, mas que para esta.

36. Experiencia II. Póngase en el *transporta-obje-*

tos una gotita de agua tomada de un charco en que nazcan plantas aqüáticas, ó de una porcion de agua en que se haya puesto en infusion heno, paja, flores diversas, ó partes de qualesquiera plantas, dexándola expuesta por espacio de ocho dias al ayre libre en tiempo caluroso, y á la sombra.

Efectos. Esta gota de agua se pintará en la pared ó en el carton como un pequeño estanque en que se verán nadar una multitud de animales aqüáticos de diversas figuras y naturaleza, cuyas especies se distinguirán claramente. Unos bastante semejantes á bolas pequeñas se alargan en línea recta, y forman siempre ángulos bastante perceptibles, mudando la direccion de sus movimientos: otros de una figura mas oval y mas prolongada no hacen mas que dar vueltas al rededor hácia todos lados. Otros compuestos de anillos se mueven con movimiento vermicular como las orugas y sanguijuelas: otros en fin arrastran y emplean en moverse sus patas, colas, y cuernecillos.

Se descubren en algunos de estos animalillos los órganos principales, y aun la circulacion de los humores, y no hay mas motivo para dudar de su vida que de la de los peces ordinarios. Una gota muy pequeña de agua presenta á veces mas de veinte especies diferentes entre sí, cuyos individuos no se distinguen sino en ser unos mas corpulentos que otros, señal de que los unos han llegado ya, y los otros caminan aun á su acrecentamiento natural. Por poco que se observen con atencion unos y otros, se consigue descubrir hasta la causa final de sus movimientos. Con efecto se les ve que se comen unos á otros, y se concibe claramente que estos animalillos aqüaticos, imitando en su modo de vivir y obrar las diversas especies de peces que nos presentan el mar, los rios, nuestros estanques y vivares, se alimentan unos á costa de otros, y que de consiguiente unos se mueven para agarrar la presa, y otros para evitar su destruccion.

37. Explicacion. ¿ Pero como se hallan y forman estos animalillos aqüáticos en una agua en que no se ha

hecho mas que echar en infusion plantas de diferentes eſpecies?

Es muy verosímil que eſtos animalillos aqüáticos, que abundan principalmente á las orillas de los charcos y eſtanques ſean ovíparos, como la mayor parte de los peces que conocemos, y pongan como casi todas las eſpecies de peces una multitud inmenſa de huevos deſtinados á multiplicar y perpetuar ſus eſpecies. Eſtos huevos como infinitamente pequeños ſuben con los vapores del agua á diferentes alturas de la Atmósfera, de donde cayendo con las lluvias y rocios penetran y se insinuan juntamente con el agua en que eſtán envueltos, y les sirve de vehículo en las plantas, flores y frutos donde encuentran conductos proporcionados á su figura. Eſtos huevos detenidos y fixados en el heno, paja, flores y plantas por las partes de materia bruta de eſtas ſubſtancias entran en su composicion, y forman parte de ſus conſtitutivos ſólidos, mientras eſtas ſubſtancias permanecen en su eſtado natural.

Pero quando la planta v. g. llega á corromperſe poco á poco en el agua mediante un grado de calor proporcionado, ſu diſolucion los deſata, el calor y la humedad los dan una fermentacion que los hace empollar, y á su tiempo ſalir de ellos animalillos de diferentes eſpecies, como vemos que ſucede en iguales términos con diferentes eſpecies de peces.

38. Experiencia III. Póngaſe en el *transporta-objetos* una gota de vinagre añejo, que haya eſtado expueſto al ayre libre en una botella de vidrio por eſpacio de ocho dias en tiempo caluroſo, y á la ſombra.

Efectos. En eſte caſo se pintará en la pared ó el carton un eſtanque encarnado, en que se verán nadar inſectos pequeños de una miſma eſpecie, ſemejantes unos á otros en su figura y movimientos, de casi un pie de largos, y de un tercio ó quarto de pulgada de anchos. No se ve en eſte eſtanque mas que una eſpecie de animalillos, sin duda porque el vapor del vinagre hace perecer todas las demas. Y así si se echa en la botella di-

cha una quantidad mas ó ménos considerable del agua que ha fervido para la fegunda experiencia de que hemos hablado, se verán igualmente en efta mezcla las mifmas anguilillas que en el vinagre folo, pero no se verá ninguna de las efpecies que vivian en el agua, y quando mas se divifarán fus pequeños cadáveres, á caufa de haberlos muerto todos el vinagre, cuyas partículas fon para ellos un veneno mortal.

39. Nota. Se pueden hacer las mifmas experiencias, y defcubrir los mifmos efectos no folo por medio del microfcopio folar, sino tambien por medio de *otro qualquiera miscroscopio.* Con qualquiera inftrumento de efta efpecie se ven los mifmos animalillos, las mifmas partes, y las mifmas proporciones, sin otra diferencia que la de que el microfcopio folar reprefenta las cofas mas en grande, y necesita hacerfe la experiencia con él en tiempo muy fereno, y quando haga un sol refplandeciente. Se pueden multiplicar y diversificar quanto se quieran las experiencias de efta clafe; pero las tres que acabamos de referir, baftan para acreditar la inconcevible division de la Materia en el Reyno animal, y para hacernos ver que el Autor de la Naturaleza no obftenta ménos fabiduría y poder en el reyno animal, que ha eftado por tanto tiempo oculto á nueftra vifta, que en el que todos los dias nos eftá dando en los ojos.

40. Corolario. Los miembros y órganos que la vifta defcubre y obferva en eftos Animalillos, nos hacen venir en conocimiento de los que por su pequeñez no podemos ver ni obfervar; á la verdad no hay razon alguna que excluya ó debilite en la materia prefente el juicio de analogía fobre el que eftá fundada toda la Física. (*Met.* 101. y 948.)

Eftos Animalillos fon en pequeño, lo que los demas animales aqüaticos y terreftres fon en grande. Ellos tienen una cabeza que debe eftar compuefta de piel, nervios, carne, medula y membranas: tienen una boca para agarrar, faborear, y aun acafo para mafcar los alimentos: tienen eftómago que debe tener fus túnicas ca-

paces de extenderſe y encogerſe, y ſus jugos deſtinados á obrar la fermentacion y digeſtion de las ſuſtancias de que se nutren: tienen inteſtinos de diferentes eſpecies y grandores para facilitar la nutricion y evacuacion, y tienen sin duda ojos deſtinados á ſervirles de guia, así para procurarſe el alimento que les conviene, como para eſcaparſe de las eſpecies enemigas que los buſcan: tienen en fin venas, arterias, ſangre, ó humores que hacen las funciones de ſangre, para conſervar en ellos el movimiento y la vida.

¡Que inconcevible pequeñez en las partes como infinitamente pequeñas de un todo, él en sí miſmo como infinitamente pequeño! Suponiendo que las moléculas de ſangre ó de humor de los mas pequeños animalillos que se deſcubren con el microſcopio, ſean á las moléculas de ſangre ó de humores del cuerpo humano, como el cuerpo de eſtos animalillos es al cuerpo humano, el Filóſofo Keil Ingles ha ſacado mediante el cálculo, que un volúmen de ſangre ó de humores de eſtos animalillos igual al volúmen de un grano de arena casi invisible contendrá mas partes, que granos de arena visibles podrian contener diez mil doſcientas cinquenta y ſeis de las mas altas Montañas de la Tierra, si fueſen todas de arena.

DEMOSTRACION QUARTA.

DIFUSION DE LA LUZ.

41. Experiencia. En una noche ſerena y clara póngaſe en lo alto de una torre ó de un campanario una *Vela encendida* de las de á seis en libra; su luz se alcanzará á ver á diſtancia de dos leguas.

Explicacion. Vemos que la ſuperficie ſuperior de la Vela liqüada por el fuego ſube sin ceſar como un pequeño arroyuelo al pábilo encendido, y le provee de partículas igneas y luminoſas, que se eſcapan hácia todas partes con una velocidad inconcevible; y así la pequeña cantidad de cera que se conſume á cada inſtante, se di-

vide en partículas luminofas, que se diftribuyen por toda la capacidad de una esfera de quatro leguas de diámetro; de tal fuerte que no hay punto alguno fensible en efta esfera en el que pueftos nofotros, no fuefen conmovidos nueftros ojos por las partículas defpedidas del seno de efta Vela encendida. ¡ Que inmenfo número de puntos fensibles en la capacidad de efta esfera; y en que innumerable multitud de partículas como infinitamente pequeñas no debe pues eftar dividida la pequeña porcion de Cera que se extiende y diftribuye á cada inftante de un modo fensible por todos eftos puntos!

El Doctor Neuwentiit ha defcubierto por medio del cálculo, que no se confume de efta Vela encendida en cada fegundo mas que una cantidad de cera igual en pefo á la quatuordécima parte de un grano (lo que viene á fer como la octo-milésima parte de una onza): y que efta octo-milésima parte de una onza de cera que se confume en un fegundo, da de sí en cada fegundo un número de partículas luminofas que excede al número de granos pequeños de arena que ferian neceffarios para formar 100,000,000,000,000 de Globos iguales en mafa y volúmen á efte Globo terreftre que habitamos.

IDEA DE LOS CUERPOS LUMINOSOS.

42. Aplicacion. Todos los *Cuerpos luminosos* producen y defpiden la luz por un mecanifmo baftante femejante al de la Vela encendida de que acabamos de hablar. En todo cuerpo luminofo hay una efervefcencia inteftina, fea la que quiera su caufa, que divide, depura, pone en movimiento, y arroja en torrentes los corpúfculos luminofos, que vienen á dar directamente ó por reflexîon á nueftros ojos.

I. Las maderas, los aceytes y las grafas fon como los almacenes ó depósitos en que se contiene una quantidad muy abundante de materia luminofa que permanece

ce detenida y fixada por las partes brutas de eftas fubstancias, hafta que la impetuofa accion del fuego quebrantando las cárceles en que eftán metidas, y quitándolas las trabas que las embarazan, imprime á fus moléculas depuradas y simplificadas la velocidad como infinita de que fon fusceptibles.

II. Las *Luciérnagas* tienen en su cuerpo depósitos de fuftancias oleofas, de los que mediante una fermentacion permanente defpiden por fus poros torrentes continuos de moléculas luminofas que reparan con la nutricion á medida y proporcion que la evaporacion las disipa. Por un mecanifmo baftante femejante se hacen luminofas algunas maderas, que corrompiéndofe adquieren el último grado de fermentacion, en cuyo eftado defpiden de sí como las Luciérnagas torrentes permanentes de materia ignea y luminofa, que la fermentacion defata y disipa.

III. Las exâlaciones que fermentan ó se inflaman en la Atmósfera, defpiden hácia todas partes torrentes de moléculas igneas, que caufan los varios *Metéoros luminosos* que obfervamos.

IV. El Sol y las Eftrellas deben tambien tener efervefcencias excesivas, de donde provenga efta emanacion conftante de partículas luminofas que vienen á diftancias inmenfas á conmover las fibras de nueftros ojos, y á hacernos conocer su exîftencia.

Mas adelante harémos ver que las pérdidas que padecen los Aftros por efta caufa no pueden agotarlos, ni difminuirlos fensiblemente, porque ademas de que la quantidad de materia que disipa su irradiacion permanente es muy poco considerable, efta pérdida se repara con la porcion de materia poco mas ó ménos igual que adquieren continuamente. (691.)

43. Resultado. Por las quatro Demoftraciones que acabamos de eftablecer y defenvolver, confta que la Materia tiene en fus Elementos una *Division real* que excede toda nueftra inteligencia, ó que los Elementos de la Materia fon de una pequeñez tan fuma que no pue-

de concebirla el entendimiento humano. L. Q. P. D. (a)

44. Corolario. Se sigue de aqui, *que quando la explicacion de los fenómenos de la Naturaleza exija que se supongan los Elementos de la Materia de una pequeñez inconcevible, no se supondrá nada que no esté evidentemente comprobado y demostrado por la Experiencia.*

SECCION TERCERA.

DIVISIBILIDAD DE LA MATERIA.

La inconcevible division de la Materia que acabamos de exponer, y demostrar, es muy suficiente para explicar los varios fenómenos de la Naturaleza, que la indican y suponen; pero no prueba nada en favor de la Divisibilidad al infinito. *Si la Materia es divisible al infinito*, por extrema que se suponga ser la pequeñez á que se reduce un Elemento de Materia mediante la Division, hay siempre una distancia infinita entre la Division efectiva y la Division posible al infinito; No presta pues la una fundamento alguno para que infiramos la otra.

IDEA DEL CONTINUO.

44. Definicion. Se llama *Continuo* un conjunto de elementos de Materia unidos, qualquiera que sea su naturaleza y masa; tales son un pedazo de mármol, un grano de arena, una gota de agua &c. Un elemento solo simple en su ser o sin composicion alguna de partes (si es que existen semejantes Elementos en la Naturaleza) no hace un Continuo.

45 Observacion. Todos los Filósofos ilustrados convienen en reconocer, que los Agentes criados no pue-

(*) Esta cifra es equivalente á la latina QUOD ERAT DEMONSTRANDUM, y quiere decir LO QUE PROPUSIMOS DEMOSTRAR.

den dividir la materia que forma *un continuo*, mas que hasta un cierto punto, mas allá del qual ya no podrian nada sobre ella quantos exfuerzos se hiciesen para dividirla mas: Ya sea que esto provenga, de que las moléculas primitivas que la componen son substancias absolútamente simples en su naturaleza, ya sea que provenga de que el Criador, cuya eficaz Voluntad ha hecho la Naturaleza lo que es, haya querido y decretado que estas Moléculas primitivas, compuestas de un número finito ó infinito de partículas distintas, estuviesen unidas constante é inseparablemente, formando un mismo Todo indestructible.

El estado pues de la qüestion presente consiste únicamente en decidir si estas Moléculas primitivas, principios de los Cuerpos extensos y sensibles son divisibles al infinito en sí mismas, de tal suerte que un Agente de un poder infinito pudiese estarlas dividiendo eternamente en mitades, quartas, centésimas, millonésimas partes, y así progresivamente al infinito, sin llegar jamas á un estado en que la division de las partes ya divididas dexase de ser aun posible en sí misma.

¡Razon humana dexa ya de imputar á *solos los Misterios de la Religion* tinieblas que te irritan, é injustamente te enfadan contra ella! He aqui una materia en que te es permitido dar un libre exfuerzo á toda tu actividad; en que no eres constreñida, ni cautivada por la proxîmidad de ningun dogma de la Religion; en que la cosa que quieres conocer está expuesta todo lo posible á tus ideas, tus juicios, tus razonamientos, tus sensaciones, y cae baxo de toda la esfera de tu capacidad intelectiva.

Al cabo de casi tres mil años que hace que estás haciendo exfuerzos para decidir *si un grano de arena es divisible al infinito*; ¿que conocimientos bastante claros, fundados y decisivos has adquirido en este punto? ¡En que espesa nube, en que intrincado laberinto no te ves envuelta y abismada, qualquiera que sea el partido que tomes despues de las mas largas y profundas meditacio-

nes ſobre una materia tan proporcionada á tu alcanze! Reconoce pues que las tinieblas que te humillan, tienen su principio y raiz en tu misma naturaleza, en los límites eſtrechos de tu inteligencia débil. Dexa ya de ofenderte de las obscuridades que traen consigo los sublimes Miſterios de la Religion, cuyo objeto eſtá tan fuera de la esfera de tu capacidad, viendo que en una materia que parece eſtar tan dentro de ella, lo abſurdo aparece siempre al lado de lo evidente, y que la verdad que te exfuerzas á descubrir se escapa obſtinadamente á tus inveſtigaciones, ó no consigues mas que llegar á diviſarla por entre obscuridades y tinieblas.

La *Divisibilidad de la Materia ó del Continuo* en los términos que la acabamos de exponer es una qüeſtion de mera curiosidad, de la que casi en nada depende la Teoría de la Naturaleza; pero no habiendo dexado de despertar y excitar en todos los Siglos la atencion de los mas bellos ingenios, quienes todos ó casi todos han tomado partido en pro ó en contra, y mereciendo la atencion de todo Espíritu filoſófico las ideas y opiniones de eſtos grandes Hombres, vamos á exponerlas en los dos párrafos siguientes con la mayor claridad y brevedad que nos ſea posible.

PARRAFO PRIMERO.

SENTENCIAS CONTRA LA INFINITA DIVISIBILIDAD DE LA MATERIA.

PUNTOS ZENÓNICOS.

46. SENTENCIA I. El fundador de la Secta Eſtoica el célebre Zenon se declaró contra la infinita divisibilidad de la Materia.

El Continuo, ſegun Zenon, no es divisible mas que haſta que se llega con la division á ciertas *Partes inex-*

tensas é indivisibles, cuyo número es finito en todo Continuo. Quando se ha llegado con la division á eftas partes inextensas é indivisibles, ya no se puede (segun él) dividir mas la Materia, porque ya no tiene partes que puedan dividirfe.

Eftas partes inextenfas é indivisibles, principios primitivos de todos los Cuerpos cuya extension forman por su reunion, es lo que los Sectarios de efte Filófofo han llamado *Puntos Zenónicos*, ó *Puntos Físicos*.

47. Nota. No se debe confundir el Punto Zenónico con el Punto Matemático.

I. El *Punto Zenónico* si exîfte, es un elemento determinado de Materia, que excluye positivamente toda extension, composicion, ó multitud de partes. El *Punto matemático* es una porcion infinitamente pequeña de materia extenfa ó inextenfa, que se considera como el principio ó término de qualquiera dimension del cuerpo menfurable.

II. El Punto Zenónico es efencialmente incompatible con la mas mínima extension, pues efta deftruiria su naturaleza. El Punto matemático fubsifte con una extension infinitamente pequeña, que no obfta cofa alguna á las demoftraciones á que sirve de fundamento.

Si se demueftra que todo elemento de Materia es extenfo y compuefto de partes, toda la Teoría de los Zenónicos va por tierra; pero con todo la Teoría de los Matemáticos fubsifte; porque los primeros tienen por objeto eftablecer la inextension real y abfoluta de los Puntos físicos, y los fegundos se ciñen á eftablecer fus demoftraciones y cálculos, que fon independientes de la extension ó inextension de los Puntos matemáticos. El Zenónico excluye formalmente de fus puntos la extension. El Matemático, concibiendo sus puntos, prescinde de la extension infinitamente pequeña que puedan tener; y así las razones á que no podria responder el primero no fon de fuerza alguna contra el fegundo.

48. Asercion. *No es verosímil que los Cuerpos estén compuestos de Puntos Zenónicos.*

alguna dimension, *desemejantes* y sin igualdad alguna de perfeccion, *activas* ó capaces de accion y movimiento, *representativas* ó capaces de retratarſe y concebirſe las unas á las otras (4).

Mediante eſta idea y eſte pequeño número de ſuposiciones y poſtulados filoſóficos, el Autor de las Monades emprende explicar filoſóficamente todos los grandes fenómenos de la Naturaleza.

Todo es Monades, ſegun Leibnitz. Dios es una Monade; Monade eterna é increada á quien todas las demas deben su exîſtencia. El Alma humana es una Monade: Monade espiritual mas perfecta, mas repreſentativa, mas inteligente que todas las Monades materiales. El Alma del bruto es una Monade; Monade inmaterial, capaz de ſentimiento y de algunos conocimientos. Cada Elemento de Materia es una Monade; Monade que se diferiencia neceſariamente en género é intensidad de perfeccion de qualquiera otra Monade, siendo imposible que haya en la Naturaleza dos Monades espirituales ó inmateriales de igual perfeccion.

¿Pero porque Leibnitz atribuye ó ſupone en ſus Monades las qualidades ó propiedades que acabamos de referir? He aqui las razones que le movieron á ello, las que baſtará indicar ó hacer entrever.

51. Explicacion I. Leibnitz *hace sus Monades simples* para dar razon de la composicion de los Cuerpos, que él pretende no ſer otra coſa que la union de Monades simples; porque (ſegun él) no es dar razon del Compueſto, explicarle por otros compueſtos ſubalternos, pues siempre queda que explicar, porqué eſtos compuestos ſubalternos ſon ellos mismos Compueſtos.

II. Las *hace inextensas* para dar razon de la extension de los cuerpos, que él quiere que provenga de la union de Monades inextenſas; porque decir que un cuerpo es extenſo, porque es compueſto de puntos ó átomos extenſos, no es dice Leibnitz, explicar la extension, pues reſta siempre explicar, porqué eſtos puntos ó eſtos atomos ſon ellos mismos extenſos.

III.

III. Las *hace desemejantes*; en primer lugar para dar razon de la diversidad que se ve en toda la Naturaleza, como de la diversidad de ingenios y caracteres en los hombres, y de virtudes y propiedades en los mixtos y en todos los cuerpos, la qual quiere que provenga de la diferiencia ó desemejanza intrínseca y primitiva de las Monades de que están formados. En segundo lugar por que piensa (conforme á su Sistema del Optimismo) (660) que si hubieran sido posibles dos Monades semejantes y de igual perfeccion, no hubiera Dios podido criar ni una ni otra: porque no hubiera habido *razon* alguna *suficiente* para que criase una con preferencia á la otra. La exîstencia de las Monades indica pues (segun Leibnitz) una diferiencia intrínseca de naturaleza y perfeccion en cada Monade en particular. (*Met.* 660.)

IV. Las *hace activas* para dar razon de esta suma constante de movimiento que anima la Naturaleza, de esta permanente actividad que destruye y reproduce continuamente los Seres en cada una de las Especies.

Las varias Monades, cuya union forma la Naturaleza entera, han recibido (segun Leibnitz) desde el principio de su exîstencia una quantidad y determinacion privativa de movimiento, las quales reproduce continuamente su actividad natural segun el mismo modelo. En cada Monade el primer movimiento determina el segundo, el segundo el tercero, y así seguidamente al infinito: de suerte que la accion presente de qualquiera Monade es una consequencia necesaria de la primera impresion ó determinacion que tuvo en el primer instante de su exîstencia; y esta misma accion es causa necesaria de todos los movimientos futuros que deben tener en qualquier tiempo que sea, así esta Monade como todas las Monades sobre las quales influye mas ó ménos por su movimiento presente.

Represéntese, si se puede, un Relox indestructible, que puesto una vez en movimiento se volviese á montar por sí mismo eternamente, y cuyas diferentes ruedas engargantadas desde la primera á la última no tuvie-

ſen jamas sino movimientos dependientes del primero que se las imprimió : He aquí una imágen ſensible y baſtante ſemejante del mecanismo físico que (ſegun Leibnitz) anima conſtantemente la Naturaleza. He aquí una *Harmonía prestablecida* de coſas, ó un encadenamiento de cauſas y efectos, que se conciliará como se pueda con la libertad humana.

V. *Las hace representativas*, para dar razon, asi de los penſamientos que tienen las ſubſtancias inteligentes, como de las imágenes que imprimen en noſotros las ſubſtancias materiales.

Mi alma concibe á Dios, la virtud, el bien, la ſabiduría, la extension, la duracion, porque es una Monade naturalmente repreſentativa de eſtos objetos, y ligada en el Lleno con todos ellos. El olor de una roſa hace nacer en mí la imágen de la roſa, porque eſtos corpúsculos oloroſos ſon como tipos ó moldes en que eſtá eſtampada la imágen de la roſa que los produce. Los rayos de la luz me pintan los diverſos cuerpos que los despiden ó reflexan, porque ſon otras tantas Monades ſelladas con el cuño de los cuerpos luminoſos que los producen, ó de los cuerpos opacos que los rechazan.

Todo eſtá ligado y encadenado en el Lleno, ſegun Leibnitz. Yo no puedo mover mi pie sin imprimir á la Materia que me rodea, un movimiento que se comunica disminuyéndoſe siempre á toda la Naturaleza haſta mas allá del Sol y las Eſtrellas. Uno que eſtá cerca de mí tendrá una imágen, idea, ó percepcion viva del movimiento de mi pie, porque recibirá una impresion viva y ſensible que imprimirá mi movimiento á la Monade repreſentativa é inteligente que le anima. El Emperador de la China no tendrá, ni podrá tener mas que una imágen ó idea confuſa del movimiento de mi pie, porque la Monade repreſentativa é inteligente que le anima recibe una impresion muy débil y confuſa del movimiento de mi pie.

De aquí (ſegun Leibnitz) las ideas claras, confuſas, parciales y adequadas. La Monade-Dios tiene ideas adequadas ó completas de todo, porque eſtá preſente en to-

das partes, y es infinitamente reprefentativa de todo. La Monade-Alma humana tiene ideas de lo pafado, de lo prefente y de lo futuro, porque es fusceptible de impresiones relativas á eftos tres tiempos, y eftas imágenes fon ya claras, ya confufas, pero siempre inadequadas, porque no exîfte sino en un punto del Infinito en duracion y extension, y no tiene mas que una virtud reprefentativa finita. La Monade-Alma del Bruto tiene imágenes ó percepciones ménos extenfas y mas imperfectas de todo, y la Monade-Materia en los vegetables, minerales y qualquiera otro cuerpo es aun mas imperfecta que la especie de Monade que anima los Brutos.

¡Que Siftema el de las Monades! Los Filófofos Alemanes le han adoptado con entusiasmo: Los Inglefes no se han dignado de refutarle, y no han hecho mas que reirfe de él. Pero Leibnitz merece, aun quando no se siga su parecer, que se le refute de otro modo que con rifas.

52. Nota. En quanto á la accion de las Monades espirituales fobre las materiales, ó de las Almas fobre los Cuerpos, Leibnitz da razon de ella por la Hipótesis mas singular que jamas se ha imaginado, y que no es mas que una confeqüencia ó aplicacion particular de la harmonía ó encadenamiento que hemos expuefto. Leibnitz quiere que el Alma y el Cuerpo de un mismo hombre sin dependencia alguna, ni relacion entre sí fean dos fubftancias de tal fuerte conftituidas, que la una haga una cierta ferie de percepciones, y la otra una cierta ferie de movimientos, y que la Sabiduría divina que lo ha previfto todo y combinado desde el principio de las cofas haya conftruido eftas dos Monades, de tal fuerte que por una fatalidad natural y íntrinfeca, á quien condecora con el bello nombre de *Harmonía pre-establecida*, los movimientos de la una se hagan siempre precifamente, quando parece que lo exîgen las percepciones de la otra, y recíprocamente las percepciones de la una se hagan quando parecen exîgirlo los movimientos de la otra, de modo que las percepciones parezcan depender de los movimientos y los movimientos de las percepciones.

Así (ſegun Leibnitz) el alma de Virgilio hacia verſos, y su mano los escribia , sin que hubieſe ningun enlace , conexîon ó dependencia entre los movimientos de la mano y las ideas del alma , y ſolo en virtud de una simultaneidad de exîſtencia, previſta y preeſtablecida por el Criador.

Si eſto es así , como lo ſoſtienen con entusiasmo casi todos los Filóſofos Alemanes ; era muy indiferente que el alma de Virgilio habitaſe el cuerpo de eſte Poeta ó qualquiera otro , y noſotros hubiéramos tenido el mismo Poema aunque su alma hubiera habitado en Júpiter ó Saturno.

53. Asercion. *Las Monades de Leibnitz no son admisibles.*

Demostracion I. Las mismas razones que deſtruyen los Puntos físicos de Zenon, echan igualmente por tierra las Mónades de Leibnitz , pues una y otra Sentencia pretende que la extension de los Cuerpos provenga de la union de principios , que no tienen abſolutamente extension alguna. (48)

II. Se da la razon de la Extension y Composicion de las moléculas primitivas de la Materia , diciendo que *su naturaleza* es ſer extenſas y compueſtas de partes.

Y Leibnitz haria mal en no admitir eſta razon , porque si se le pregunta á él porqué ſus Monades ſon simples é inextenſas eſtá forzoſamente obligado á recurrir á la misma respueſta , diciendo que las Monades ſon simples é inextenſas, porque su naturaleza es ſer tales.

III. En otro lugar demoſtrarémos , que de una materia homogénea se pueden formar Mixtos diferentes. Luego para dar razon de la diversidad de los mixtos , ſobre la qual funda Leibnitz su principal prueba en eſte punto, no es neceſario admitir Monades intrínſecamente diferentes en su naturaleza primitiva. (144)

Quanto á la razon que alega tomada de su Siſtema del Optimismo para eſtablecer la diversidad intrínſeca de ſus Monades , habiendo refutado ya eſte Siſtema singular que no se puede componer con la libertad de Dios , y

que carece de todo fundamento, hemos impugnado de antemano todas las aplicaciones que se pueden hacer, y quantas conseqüencias se quieran sacar de él. (*Met.* 661. y 662.)

IV. Demostrarémos bien pronto que la Materia abandonada á sí misma no tiene por propiedad mas que *una intrínseca Inercia.* Luego es falso que las Monades de la Materia sean activas por sí mismas. Luego para explicar el movimiento perpetuo de la Naturaleza se debe recurrir á una Causa diferente de la actividad de las Monades, qual es la accion de Dios, único Autor y Conservador del movimiento de la Naturaleza. (75)

V. Hemos demostrado en nuestros Elementos de Metafísica, no solo que la Materia no piensa, sino aun que es totalmente incapaz de pensar. Luego es falso que las Monades que componen el lodo v. g. la arcilla, la luz, los cuerpos sonoros, los cuerpos olorosos &c. tengan el rayo de inteligencia que les atribuye Leibnitz. (*Met.* 710.)

Hemos demostrado ademas en los mismos Elementos, que las ideas y sensaciones que hacen nacer en nosotros las impresiones de la Materia que conmueve nuestros sentidos como causa ocasional, son producidas en nuestra alma únicamente por la accion del Criador. Luego para dar razon de las imágenes y sensaciones que tenemos de los objetos, no es necesario suponer en las Monades de la Materia una fabulosa y chîmerica virtud representativa. (*Met.* 330. y 344.)

VI. El encadenamiento singular de movimientos que supone el Autor del sublime Delirio de las Monades tira á establecer en la Naturaleza una *fabulosa Fatalidad* que se compone muy bien con los Principios del Protestantismo que él profesaba, pero que reprueba la Razon, y desmiente el sentimiento íntimo de nuestra Libertad. (*Met.* 743 y 744.)

¿Como he de ser yo efectivamente libre, si las determinaciones de mi alma no son mas que una conseqüencia necesaria de las primeras impresiones que ha recibido desde el principio de su exîstencia; si los mo-

vimientos de mi cuerpo no fon mas que un efecto necefario de las primeras determinaciones que han tenido en sí mismos los elementos que componen mi cuerpo, ó que reciben de otros elementos de Materia con quienes eftán harmónicamente ligados y encadenados?

Luego las Monades de Leibnitz no fon admisibles en ningun punto. (L. Q. P. D.)

Chimera de los puntos inflados.

54. Sentencia III. Para evadirfe de las dificultades que trae consigo la infinita Divisibilidad de la Materia, algunos pretendidos Filófofos han imaginado Atomos ó Puntos reales y físicos de diferentes figuras y mafa, que no tienen extension real, sino folo una extension virtual, en fuerza de la qual equivalen á puntos que tuviefen extension real. Eftos Puntos se inflan y desinflan por sí mismos fegun conviene, sin adquirir nada inflándofe, ni perder nada desinflándofe. Por grande que se fuponga fer el volúmen que adquieren quando se inflan, quedan con todo indivisibles, porque fola la extension es divisible, y la naturaleza de eftos puntos es no tener extension, fea el que quiera el volúmen que lleguen á tener.

Refutacion. Una Opinion tan abfurda apenas merece refutacion feria. ¿Que es una *Inextension real* que tiene una extension virtual y que viene á fer una extension real? Como se pueden concebir en eftos átomos ó puntos diverfas caras, sin concebir multitud de lados, de los quales el uno no fea el otro? ¿Como pueden estos puntos inflarfe ó desinflarfe, sin tener partes que se aparten y aproxîmen unas á otras?

Filofofía! ¡A los Filófofos de efte jaez es á quienes debes el abatimiento y desprecio en que eftuvifte en los Siglos de la barbarie y sin-razon, en los que no se hacian fervir tus luces sino para iluftrar femejantes tonterías! No olvidemos jamas que envolverfe en tiniebłas para eludir una dificultad real, es el miferable recurfo de la imbecilidad y la ignorancia; pero un recurfo que

se desdeña adoptar el Ingenio, y de que se avergüenza la Razon.

Atomos de Gasendo.

55. Sentencia IV. Gasendo siguiendo á Demócrito y Epicuro admite átomos de diferentes figuras y masa *extensos é indivisibles*; pero se debe advertir que los supone criados y movidos por el Autor de la Naturaleza, al paso que Epicuro y Demócrito los suponian increados y movidos por sí mismos. (*Met.* 578.)

Refutacion. Si Gasendo hubiera dicho que estos Atomos primitivos extensos y divisibles en sí mismos han recibido del Criador tal figura y masa, que ningun Agente criado puede hacérselas perder; esta Sentencia conforme con la razon y la experiencia nada tendria de reprehensible.

Pero admitir átomos de diferente grandor y figura *extensos á indivisibles* en sí mismos, es admitir cosas que se destruyen mutuamente. ¿Porque como se podrá concebir un átomo cúbico, piramidal, ó lleno de ángulos y concavidades, sin concebir multitud de partes que componen estos lados, cavidades y ángulos sólidos? Como se podrán concebir dos átomos de un grandor desigual, de suerte que el primero sea doble mayor que el segundo, sin concebir en el primero una quantidad doble de substancia, que se podria dividir en dos, y componer dos átomos iguales al segundo?

Decir que, no obstante esta diversidad de masa y figura, estos átomos extensos son simples y no tienen partes, porque su naturaleza es ser de este modo, es querer sostener una tonta paradoxa por medio de un palpable absurdo. ¿No podré yo con la misma Dialéctica y el mismo tono de verdad y confianza sostener, que el Monte Apenino ó el Atlas son simples y carecen de partes, diciendo igualmente contra toda razon y evidencia que su naturaleza es ser simples y carecer de partes? ¡De quanta inconseqüencia no es capaz el entendi-

miento humano, quando eſtúpidamente ciego y terco se aferra en abrazar un mal Siſtema!

Si eſtos átomos de Gaſendo ſon extenſos, tienen á lo menos dos partes; si tienen dos partes, la una no es la otra; la exîſtencia de la una no es la exîſtencia de la otra. Luego la una puede exîſtir sin la otra. Luego la una puede ſer ſeparada de la otra. Luego eſtos átomos *extensos* no ſon *indivisibles* en sí mismos. (L.Q.P.D.)

PUNTOS SIN CONTACTO DE BOSCOVICH.

56. SENTENCIA V. El Unico que ha conſeguido conciliar la inextension de los elementos con la extension de los cuerpos, es el célebre Boscovich, Filósofo ingenioso, y Matemático profundo. Su Siſtema capaz de deslumbrar por sus bellas apariencias puede engañar á quien tome lo brillante por lo ſólido, las ſutilezas por razones, y lo romancesco por lo verdadero. He aqui un pequeño bosquejo de eſte Siſtema.

I. Segun Boscovich, como ſegun Zenon, los elementos de la Materia ſon Puntos ó Atomos inextenſos de diferente naturaleza unos de otros.

II. Segun Boscovich, como ſegun Newton, eſtos elementos tienen atracciones recíprocas en virtud de las quales tiran unos hácia otros.

III. Segun Boscovich, las atracciones eſtán acompañadas de repulsiones. Eſtos Puntos se atraen y repelen alternativamente, sin poder nunca llegar al punto del contacto; de ſuerte que ſegun él en toda la Naturaleza, en los cuerpos mas duros y mas denſos no ha habido jamas, ni puede haber dos átomos que se toquen uno á otro.

IV. En la mayor parte de eſtos elementos *la Atraccion recíproca* se verifica haſta un cierto grado de proxîmidad, en llegando al qual los elementos empiezan á *repelerse.* De aquí la accion de la Naturaleza en el ayre, la luz y la materia sutil.

V.

V. En algunos de eftos elementos la atraccion y repulsion se mantienen en un *Punto de Equilibrio* ó de igualdad, y como siendo iguales eftas fuerzas se destruyen mutuamente, los elementos quedan en quietud. De aqui la Dureza de los cuerpos.

Los Cuerpos fluidos eftan compueftos de elementos que se atraen y repelen continuamente, sin poder llegar jamas á un punto de proxîmidad ó de diftancia en que ninguna de las dos fuerzas fea mayor que la otra.

Los Cuerpos duros eftan compueftos de elementos cuya atraccion y repulsion llega á los puntos de equilibrio en un grado muy grande de proxîmidad entre ellos, pero siempre sin que se toquen.

Una mezcla de eftas dos especies de elementos, de los quales unos llegan y otros no llegan jamas al punto de equilibrio entre la fuerza atractiva y la repulsiva, produce Cuerpos de menor dureza.

VI. Eftos elementos inextenfos forman facilmente en efte Siftema una extension real. Porque fea por exemplo, una pulgada cúbica de extension tomada en el Vacío, ó espacio penetrable.

Divídafe por el penfamiento efta pulgada cúbica en cien mil cuentos, ó bicuentos de partes, y póngafe en cada una de eftas partes un átomo inextenfo de oro ó mármol, á quien su atraccion y repulsion impedirán aproxîmarfe mas á otros elementos. Se tendrá con efto una pulgada cúbica de extension fólida é impenetrable. El último punto inextenfo que efté del lado del Oriente eftará diftante del último punto inextenfo que efté del lado del Occidente, la extension de una pulgada; y eftos cien mil cuentos, ó bicuentos de puntos inextenfos de oro ó mármol, sin tener extension alguna por sí mismo, tendrán la extension del espacio que ocupan, sin tocarfe, ni dexar entrar en él á otros puntos femejantes.

57. Nota. Efte Siftema nacido en Italia casi al mismo tiempo que los Arlequines se introducian en Francia, parece que se resiente demasiado del gufto de su Siglo, y quiere hacer de toda la Naturaleza una verda-

dera arlequinada, (a) capaz acaſo de divertir, pero seguramente incapaz de inſtruir é iluſtrar.

¿La *Ley de continuidad* ſobre la qual se trata de eſtablecerle, y en virtud de la qual se quiere que todo se haga en la Naturaleza por acrecentamientos y deſacrecentamientos ſucesivos eſtá bien riguroſamente demoſtrada en la generalidad que se la atribuye? ¿Porque un cuerpo que tiene un movimiento como 100. no podria perder ſúbitamente todo su movimiento sin paſar por todos los grados ſucesivamente menores desde 100. haſta o? ¿Y aun quando eſta Ley de la Continuidad eſtuvieſe tan riguroſamente demoſtrada como se pretende, á quien se perſuadirán las Chîmeras que se quieren inferir de ella? Un Siſtema que ſupone ó intenta probar, que no hay dos Elementos contiguos en la Naturaleza, es un Siſtema enteramente refutado por sí mismo; es un Siſtema que la razon deſaprueba, aun quando admire su brillante compaginacion.

Apenas es probable que Descartes haya eſtado jamas muy perſuadido de la realidad de ſus *Turbillones y Autómatos*, como ni Leibnitz de la realidad de ſus *Monades*, ni Boscovich de la de su *Incontiguidad*. Los hombres grandes se divierten á veces en inventar como por juguete ingenioſas Chîmeras, que otros grandes hombres adoptan y ſoſtienen á veces con el mismo guſto é intento, pero que hombres de un ingenio limitado y poco juicioſo abrazan de veras, y realizan con entusiasmo.

(a) Acaso con la voz original PANTALONADE querrá denotar el Autor, no la accion ó dicho burlesco del arlequin, sino su ridículo veſtido hecho de tiras de varios colores y todo de una pieza, como el del Ciriguelo ó botarga de nuestras danzas, pero no la he hallado tomada en este sentido en ninguno de los Diccionarios que he consultado; y asi no me he atrevido á traducirla en esta accepcion. N. T.

PARRAFO SEGUNDO.

SENTENCIAS A FAVOR DE LA INFINITA DIVISIBILIDAD DE LA MATERIA.

La Escuela Peripatética se ha declarado por la infinita divisibilidad de la Materia, pero se ha dividido en dos partidos opueftos y rivales.

58. Sentencia I. El primero admite en una porcion qualquiera de Materia, por exemplo en un pedazo de mármol, en un grano de arena, en una gota de agua, un *Número de partes infinito en realidad*, ó de partes que fon actualmente diftintas una de otra, sin espantarfe á vifta de las gravísimas dificultades que trae consigo el abismo del Infinito.

59. Sentencia II. El Segundo admite en efta misma porcion de Materia un *Número de partes infinito en potencia*, ó de partes que en el Continuo no fon actualmente partes, no fon actualmente diftintas unas de otras, y no pueden llegar á fer partes realmente diftintas sino por medio de la division real ó mental, la qual no puede verificarfe nunca del Infinito. Admitiéron en eftos términos la infinita divisibilidad de la Materia los que feguian efte partido, á fin de eludir las dificultades que nacen de admitir un número actualmente infinito de partes en un mismo Todo.

Eftas dos Sectas rivales conviniendo en fus Principios, se diftinguian en su modo de proceder. La primera fentia lo embarazofo de la infinita divisibilidad, y admitia con candor las duras confequencias que de ella se siguen. La fegunda fentia los mismos embarazos, pero se valia con fupercheria de un efugio inepto y pueril para eludir eftas dificultades. Aquella era una Escuela de Filósofos, y efta una Escuela de Charlatanes.

Descartes admite en la Materia una *divisibilidad indefinida*, ó una divisibilidad á la qual no se pueden asignar límites fixos y determinados. Es fácil obligar á Des-

cartes á que se explique claramente y sin la ambiguedad con que lo hace. Porque ó hay realmente en la Materia un término mas allá del qual la division es ya imposible en sí misma, y en este caso la divisibilidad tiene límites y es finita; ó no hay realmente en ella término mas allá del qual la division dexe de ser posible en sí misma, y en este caso la divisibilidad no tiene límites y es infinita.

PROPOSICION.

60. *Es verosímil que la Materia sea divisible al infinito.*

DEMOSTRACION I. Ya hemos hecho ver que los elementos de la Materia por suma que se suponga ser su pequeñez, no pueden ser inextensos. (48) Luego realmente tienen extension.

Los *elementos que son extensos*, por concesion de los mismos Zenónicos tienen á lo menos dos partes, de las quales una no es otra. ¿Porque la una no podria existir sin la otra ó separada de ella? Estas dos partes no podrán acaso ser divididas por Agentes criados que no pueden nada sobre ellas, ó porque les falta accion proporcionada, ó porque carecen de instrumentos capaces de executar su separacion. ¿Pero porque no podrian ser divididas por el Criador cuyo poder no reconoce obstáculo alguno, quien para obrar no tiene mas que querer, y á cuya accion igualmente se sujeta el mas pequeño objeto que el mas grande?

DEMOSTRACION II. La Division disminuye la extension de un cuerpo, pero no la aniquila. Luego aun despues de executada qualquiera division, la extension de un cuerpo subsiste asi como el cuerpo mismo.

La extension, segun los mismos Zenónicos convienen, dice necesariamente multitud de partes. Luego aun despues de hecha qualquiera division, la extension siempre subsistente en los elementos divididos comprehende á lo menos dos partes, de las que una no es otra, y que de consiguiente pueden ser separadas una de otra. Luego aun despues de efectuada qualquiera division, la Materia

queda divisible. Luego la Materia es divisible al infinito.

Demostracion III. Los Matemáticos que casi todos suponen y admiten la divisibilidad al infinito en la Materia, se valen de varias especies de demostraciones Matemáticas para probarla. Yo no referiré aqui mas que una que hará veces de todas las demas (*fig.* 1.) Sean dos líneas paralelas A. B. C. D. y sea una diagonal indefinida A. H. fixada en el punto A. que corte siempre moviéndose la paralela inferior C. D.

Si el hombrecillo que tiene en la mano la diagonal indefinida camina por toda una eternidad por encima de la paralela C. D. prolongada al infinito, esta diagonal continuará al infinito en subir desde el punto G. hácia el punto E. sin llegar jamas á el punto E., pues para llegar á él era necesario que la diagonal A. H. se confundiese con la paralela A. B., lo que es imposible.

Luego la linea ó espacio G. E. tiene una infinidad de puntos, de los quales el uno no es el otro, sobre los quales se puede aplicar sucesivamente al infinito la diagonal móvil A. H. Luego esta línea ó este espacio G. E. es divisible al infinito. Luego una Materia que llenase este espacio G. E. seria divisible al infinito. Luego la Materia es divisible al infinito. (L. Q. P. D.)

61. Colorario I. *Una porcion de Materia muy pequeña puede llenar qualquiera espacio finito, de tal suerte que los vacíos que queden en este espacio sean todo lo pequeños que se quieran.*

Demostracion. Esta asercion es una consequencia manifiesta de la inconcevible division é infinita divisibilidad de la Materia. Supongamos por una parte un Grano de arena muy pequeño; y por otra un Espacio todo lo grande que se quiera, de un pie ó de un millon de pies cúbicos, ó de otros tantos pies cúbicos, como hay entre el Sol y las Estrellas.

I. Si siendo el espacio dado de un pie cúbico, se quiere que en este pie cúbico no quede vacío alguno mayor que la millonésima parte de una linea, bastará

para eſto que eſte grano de arena ſea dividido en otras tantas partes como se necesitan, para poner una en cada una de las millonésimas partes de linea que contiene eſte pie cúbico, lo que ſolamente cauſaria en eſte grano de arena una division incomparablemente menor que la que las observaciones nos demueſtran que tiene efectivamente la Materia. (40 y 41.)

II. Si el espacio dado es un millon de veces mayor que un pie cúbico, para conſeguir lo mismo ſolo será neceſaria en el grano de arena una division un millon de veces mayor que la precedente, la qual es aun incomparablemente menor que la que noſotros descubrimos en la Naturaleza en millares de exemplos.

III. Si el espacio dado es tan grande ó mayor que el espacio finito en el que eſtá encerrado el Universo, es claro que eſte espacio finito solo contiene un número finito de puntos distantes unos de otros una millonésima parte de linea, y de consiguiente que para ſer este grano distribuido en todos eſtos puntos, no necesitaba tener mas que una division finita de partes, la qual seguramente es posible en sí misma, como acabamos de demostrar.

62. COROLARIO II. *Qualquiera porcion de Materia tiene una infinidad de infinidades de partes reales y distintas.*

DEMOSTRACION I. Qualquiera porcion de Materia, siendo como es divisible al infinito, contiene necesariamente una infinidad de partes de las quales una no es otra, pueſto que no puede ſer divisible al infinito, sin que tenga una infinidad de partes que puedan ſer ſeparadas al infinito unas de otras.

II. La mitad, quarta, octava, décimaſexta ó qualquiera otra parte proporcional de eſta porcion de Materia es ella misma Materia. Luego eſta mitad, quarta, octava, decimaſexta, ó qualquiera otra parte proporcional, descreciente al infinito de eſta porcion de Materia, tiene cada una una infinidad de partes reales y diſtintas.

III. Esta porcion de Materia tiene una infinidad de partes de las quales cada una es materia, y contiene en sí misma una infinidad de partes reales y distintas. Luego esta porcion de Materia contiene una infinidad de infinidades de partes reales y distintas. (L. Q. P. D.)

63. Nota I. El Filósofo Keil Inglés demuestra en su *Introduccion á la verdadera Física* que las principales objeciones que se han puesto contra la infinita divisibilidad de la Materia, y que han sido miradas como absurdos que la destruyen, son otras tantas aserciones muy verdaderas y muy filosóficas: á saber

I. *Que una quantidad finita contendria un número infinito de partes actuales y distintas.* Proposicion verdadera! Una línea de una pulgada es finita, pues que no tiene una infinidad de pulgadas, y con todo esta línea de una pulgada contiene una infinidad de puntos realmente distintos entre sí.

II. *Que una cantidad finita seria igual á una cantidad infinita.* Proposicion verdadera! Una linea de una pulgada es igual al número infinito de puntos que la componen. El absurdo aparente de esta Proposicion solo proviene de la equivocacion con que se confunde la extension descreciente con la extension fixa y determinada. Es sí absurdo que la extension de una toesa sea igual á la extension de una infinidad de toesas, pero no lo es que la extension de una toesa sea igual á la extension de sus dos mitades, de sus quatro quartas, de sus diez y seis décimas sextas partes, ó de qualquiera otras partes proporcionales descrecientes al Infinito.

III. *Que habria infinitos, unos mas grandes que otros.* Proposicion verdadera! Aunque un todo grande y un todo pequeño tengan igual número de partes proporcionales, por exemplo de mitades, de quartas, de octavas, de decimasextas, y asi progresivamente al infinito, no es menos evidentemente verdadero que el número de partes reales que componen la Tierra entera, es doble mayor que el número de partes que componen la

mitad de la Tierra. Uno y otro número es no obstante igualmente infinito, pues es igualmente imposible en la mitad como en el todo llegar á un punto en que ya no queden partes que dividir.

Esta proposicion parece absurda únicamente porque se han formado nociones falsas del Infinito; confundiendo el Infinito en esencia y naturaleza con el Infinito en número de partes. Se define el Infinito: *aquello á lo que nada se puede añadir ni quitar*, ó bien *aquello que es tal que nada se puede concebir mayor que ello.* Definicion falsa! Pues aunque conviene al Infinito en esencia ó á Dios, no conviene al Infinito en número de partes, que es del que se trata en la qüestion presente.

El Infinito en número de partes se debe definir; *lo que tiene un número inagotable de partes*, ó sino *aquello cuyo número de partes no puede expresarse por un número finito*, lo qual conviene igualmente á un Infinito mas grande, y á un Infinito mas pequeño. (*Met.* 246, *y* 676.)

64. Nota II. Por convincentes que parezcan las pruebas que acreditan la *infinita divisibilidad de la Materia*, no bastan para desterrar toda duda de nuestro entendimiento, porque asombrado éste y confundido al ver los tenebrosos abismos del Infinito, dexa de estar asegurado desde que empieza á no estar ilustrado.

La luz persuasiva que empieza á nacer en él con las pruebas convincentes de la infinita divisibilidad, casi se ofusca enteramente con la obscuridad que traen consigo las conseqüencias.

Objeciones y Respuestas.

65. Objecion I. La principal prueba, y aun la única algun tanto decisiva que se alega contra el Sistema de los Puntos inextensos é indivisibles, es la imposibilidad que se quiere que haya en que la extension de los Cuerpos resulte de puntos inextensos. ¿Pero que una linea matemática extendida á lo largo no resulta de un número infinito de puntos matemáticos que no tienen extension,

asi

asi como tambien un número resulta del conjunto de unidades, ninguna de las quales tiene la propiedad de número?

Respuesta I. Es tan imposible que una linea matemática extendida á lo largo resulte de una infinidad de puntos sin extension alguna real, como lo es que un ser exîstente resulte de una infinidad de negaciones ó privaciones de exístencia, ó que un ser inteligente resulte de una infinidad de negaciones ó privaciones de inteligencia.

Una linea matemática extendida á lo largo resulta de una infinidad de puntos, de los que cada uno tiene una extension infinitamente pequeña hácia todos lados, pero de esta extension se prescinde en el cálculo. Esta extension infinitamente pequeña del punto matemático repetida una infinidad de veces á lo largo da una linea matemática mas ó menos larga que tiene una anchura infinitamente pequeña. Esta anchura infinitamente pequeña de una linea matemática repetida infinitas veces da una superficie matemática que tiene una profundidad infinitamente pequeña. Esta profundidad infinitamente pequeña de una superficie matemática repetida infinitas veces da un Sólido de tres dimensiones.

Es evidente que no se puede decir lo mismo de los Puntos Zenónicos, que absolutamente no tienen extension alguna ni grande ni pequeña, pues nada añadido infinitas veces á nada, no da por suma ó producto mas que nada.

II. El que la unidad que no hace número sola, junta á otra unidad haga número, no prueba de ningun modo que unos puntos que sean inextensos puedan formar una extension.

Juntar una unidad á otra es juntar un ser positivo á otro ser positivo, de lo que resultan dos seres positivos ó un número. Juntar un inextenso á otro inextenso es juntar una privacion de extension á otra privacion de extension, y de aqui no puede resultar sino una doble privacion de extension.

La denominacion de *Número* es una denominacion extrínseca que no se da á un individuo solo sino á mu-

chos, sin quitar ó añadir propiedad alguna intrínſeca á estos individuos ſeparados ó unidos. La denominacion de *Inextenso* expreſa una propiedad intrínſeca del ſugeto, pero es una propiedad negativa que excluye formalmente la extension, como la no inteligencia en la piedra excluye formalmente la inteligencia.

Decir que una unidad no hace número, pero que dos unidades hacen número, es decir que una ſola unidad no hace mas que un ſolo individuo, y que dos unidades hacen dos individuos; lo que es una coſa muy ſencilla y muy conforme á razon. Pero decir que un *Punto inextenso* no puede formar una extension, pero que dos puntos inextenſos pueden formarla, es decir que una piedra sin inteligencia no puede formar una inteligencia, pero que dos piedras sin inteligencia por la reunion de ſus dos no inteligencias pueden formar una inteligencia: lo que ya se ve que es una coſa muy tonta y muy abſurda. (*).

66. Objecion II. Sea una porcion de hoja de oro batido de una linea quadrada de ſuperficie. Si la Materia es divisible al infinito, el Criador podrá dividir sin fin el pequeño grueſo de eſta linea quadrada en ſuperficies cada vez mas delgadas, podria pues á fuerza de multiplicar las divisiones y ſuperficies convertir eſta linea quadrada de hoja de oro en una carpeta continua, capaz de cubrir eſte Univerſo y millares de millones

(*) Ratio formalis propter quam *Unitas* non est numerus, est defectus alterius unitatis sociæ; quem defectum tollis sociando priori unitati alteram unitatem, quæ est aliquid positivum prioris defectus exclusivum. Defectus enim tollitur per ens ipsius exclusivum: defectus societatis excluditur per meram accesionem entis socii. Ratio formalis propter quam Punctum Zenonicum est inextensum, est defectus extensionis intrinsecæ: quem defectum non tollit accesio alterius puncti eundem intrinsecæ extensionis defectum habentis: defectus enim non tollitur per alterum defectum, sed tantum per aliquid positivum ipsi oppositum. Sicut defectus pecuniæ in crumena non excluditur per alterum pecuniæ defectum, sed per solam pecuniæ accesionem: ita defectus extensionis in puncto Zenonico non excluditur per alterum extensionis defectum, sed per solam extensionis accesionem.

de Univerſos ſemejantes. ¡Que abſurdo tan chocante!

Respuesta. Eſta pequeña porcion de hoja de oro, aunque se hayan hecho de ella todas las divisiones que se quieran, tiene todavia dos ſuperficies de las quales la una no es la otra. No hay pues abſurdo en decir que la una puede todavia ſer ſeparada de la otra, y que el Omnipotente á fuerza de divisiones puede con efecto hacer una carpeta continua, capaz de cubrir todos los millones de millones de Mundos que queramos.

La *Imaginacion*, eſta facultad del alma cuyo oficio es pintarnos las imágenes de las coſas, se aſombra y se turba toda al aspecto de una division como infinita, cuyo modo no comprehende, á quien no puede ſeguir en ſus progreſos, y que se escapa y reuſa inevitablemente á su pincel.

Pero la *Razon*, eſta facultad del alma que juzga y concluye, no se espanta de ver que una ſubſtancia siempre divisible pueda siempre ſer dividida por un Agente, cuyo poder se extiende á todo lo que abſolutamente no repugna.

67. Objecion III. Si la division de la Materia es posible al infinito, ſupongamosla efectuada. En eſte caſo la division posible al infinito llega á un término en que ya no puede ſer dividida, pues es evidentemente imposible dividir la Materia mas allá del infinito. Luego la divisibilidad de la Materia al infinito incluye una contradiccion manifieſta, que demueſtra que eſta opinion no es mas que una Chîmera.

Respuesta. La division de la Materia es posible al infinito, porque es imposible llegar á un punto del qual no pueda paſar la division; pero de la divisibilidad infinita de la Materia no se sigue que la division de la Materia pueda ſer efectuada, ó ſuponerſe efectuada al infinito, porque repugna que la infinita divisibilidad de la Materia pueda ſer agotada por un número qualquiera de divisiones.

I. No hay número alguno finito que pueda expreſar el número ó quantidad de divisiones de que es ſusceptible una porcion determinada de Materia. Luego el nú-

mero de divisiones posibles en efta porcion de Materia es un número infinito, pues á no ferlo podria fer expresado por un número finito capaz de igualarle ó excederle.

II. Repugna que un número infinito é inagotable de divisiones posibles de una porcion de Materia se acabe y agote: luego la Materia divisible al infinito jamas puede fer efectivamente dividida al infinito. Luego el Poder infinito del Criador no puede jamas llegar á fuerza de divisiones á la última division de la Materia; porque efto repugna, y el poder infinito del Criador no se extiende á lo que repugna en sí mismo. (*Met.* 665 y 672.)

68. Objecion IV. Si una pulgada cúbica de mármol tuviefe un número infinito de partes reales, efta pulgada cúbica de mármol tendría una extension infinita, pues es evidente que un número infinito de partes de las que la mas pequeña tiene extension, debe formar una extension infinita.

Supongamos en efecto que fean necefarios para formar una línea de extension mil cuentos de bicuentos ó tricuentos de eftas partes que tienen *la mas pequeña extension posible*; es evidente que efte número tomado mil veces formaria mil líneas de extension, tomado cien mil veces cien mil líneas de extension; y tomado una infinidad de veces una infinidad de líneas de extension, ó una extension infinita. Luego si una pulgada cúbica de mármol tuviefe una infinidad de partes extenfas, por pequeñas que se las fuponga, efte número infinito de partes extenfas daria á efta pulgada cúbica de mármol una extension infinita hácia todos lados ¡Que palpables abfurdos encierra pues la infinita divisibilidad de la Materia!

Respuesta. Es evidente que un número infinito de partes de un grandor determinado, por inmenfamente pequeño que se fuponga fer efte grandor, daria una extension infinita; pero es falfo que haya en efta pulgada cúbica de mármol un número infinito de partes de un grandor determinado. Se cometen dos errores acerca de la extension de las partes de efta pulgada cúbica de mármol, que se pone por exemplo general de qualquiera porcion de Materia.

I. Se comete error en ſuponer que eſta pulgada cúbica de mármol tiene una infinidad de partes de un grandor determinado, por mas que eſte se ſuponga de la mayor pequeñez posible. No hay en eſta pulgada cúbica de mármol parte alguna concebible que tenga la mas pequeña extension posible, pues eſta parte que se concibe tiene aun dos mitades, quatro quartas, ocho octavas, diez y ſeis decimas ſextas, y asi progresivamente al infinito, cada una de las quales partes es neceſariamente menor que su todo; no hay pues parte alguna en la Materia que *sea la mas pequeña de todas.* Luego no hay en las partes extenſas de la Materia extension *la mas pequeña que sea posible.*

Es pues abſurdo fundarſe en eſtas dos ſuposiciones para impugnar la infinita divisibilidad de la Materia cuya extension y partes pueden descrecer al infinito, sin que ſea posible tocar ó asignar su último término de descrecimiento. Es cierto que eſtas partes infinitamente pequeñas de la Materia tienen una naturaleza fixa y determinada, pero su naturaleza fixa y determinada es ſer divisibles al infinito.

II. Se comete tambien error en imaginarſe que un número infinito de partes descrecientes debe formar una extension infinita. Sea una extension qualquiera, por exemplo una extension de una pulgada, y divídaſe eſta al infinito por mitades. El todo dará 1, la primera division $\frac{1}{2}$, las divisiones siguientes $\frac{1}{4}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{1}{16}$ $\frac{1}{32}$ $\frac{1}{64}$ $\frac{1}{128}$ $\frac{1}{\infty}$.

Es evidente que la ſuma infinita de eſtas partes proporcionalmente descrecientes($\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} + \frac{1}{32} + \frac{1}{64} + \frac{1}{128} \ldots\ldots + \frac{1}{\infty}$.) es preciſamente igual al primer término 1. que expreſa el todo. Luego un número infinito de partes descrecientes no da un grandor infinito, sino ſolamente un grandor finito correspondiente á la ſuma entera del todo de quien ellas ſon partes. Luego el número infinito de partes infinitamente pequeñas que componen una pulgada cúbica de mármol, debe dar no una extension infinita, sino ſolamente una extension igual á la extension de una pulgada cúbica.

Y como la ſuma infinita que es igual á 1. puede ſer tomada dos veces, ciento, ó un millon de veces &c., un número infinito de partes dos veces, ciento, ó un millon de veces mas grande que el número infinito de partes que componen eſta pulgada cúbica de mármol, daria cabalmente una maſa dos veces, ciento, ó un millon de veces mas grande que eſta pulgada cúbica de mármol. (*Math.* 297.)

69. Objecion V. Todo lo que es criado es neceſariamente finito, y la *creacion del infinito* repugna en sí misma: luego Dios no ha criado en la Materia un número infinito de partes. (*Met.* 665. y 676.)

Respuesta. Todo lo que es criado, es neceſariamente finito y limitado en naturaleza, en perfeccion, en extension, pero no en número de partes.

I. Repugna que el Omnipotente crie una ſubſtancia infinita en naturaleza, en perfeccion y en extension, principalmente por dos razones que no harémos mas que apuntar aqui.

En primer lugar; porque repugna que una ſubſtancia criada que concebimos siempre como neceſariamente ſusceptible de mayor perfeccion y mayor aumento, llegue á un término en que ya no ſea perfectible.

En ſegundo; porque repugna que los inagotables dones del Criador á quien se concibe siempre eſencialmente como comunicable y participable al infinito lleguen á un término en que se agoten, en que dexen de poder ſer participados y comunicados. (*Met.* 668.)

II. Pero no repugna por motivo alguno que el Omnipotente crie una ſubſtancia finita en su naturaleza, pero cuya naturaleza finita y limitada se conſtituya por un número infinito de partes.

Repugna sí que exîſta un cuerpo que tenga una infinidad de partes de un grandor determinado, por exemplo de una linea, de una millonésima de linea, porque la ſuma infinita de eſtas lineas ó de eſtas millonésimas de linea formaria un todo infinito, cuya exiſtencia es imposible. Pero no repugna que exîſta un cuerpo que tenga una infinidad de partes descrecientes al infinito, porque

la ſuma infinita de eſtas partes descrecientes al infinito no forman mas que un todo finito cuya exîſtencia es posible.

70. Objecion VI. El Omnipotente no puede criar un número infinito de individuos en una especie, por exemplo en la especie humana. (*Met.* 669 y 678.)

Luego por la misma razon no puede criar en una porcion determinada de Materia un número infinito de partes, de las quales cada una es como un individuo distinto de qualquiera otra parte ó individuo.

Respuesta. Repugna que el Omnipotente pueda criar un número infinito de hombres, porque repugna que el número infinito é inagotable de hombres posibles se agote y acabe: é igualmente que el poder infiito é inagotable del Criador se acabe y agote relativamente á la especie humana, pero no repugna por motivo alguno que el Todo-poderoſo pueda criar una porcion determinada de Mateıia, la qual tiene como lo exîge su eſencia un número infinito de partes cuya ſuma infinita ſolo forme una naturaleza finita, cuya ſuma infinita no agote el inagotable poder del Criador, cuya ſuma infinita no ofrezca nada que se resiſta á la accion criadora que la toca y abraza.

I. La razon de paridad que se objeta, tiene y preſenta una razon de disparidad que deſtruye toda la aplicacion que de ella se hace.

Quando se concibe un *Número infinito de hombres posibles*, se concibe evidentemente que eſte número infinito no puede ſer criado todo. Luego se debe afirmar que la creacion entera y total de eſte número infinito repugna. (*Met.* 669 y 678.)

Al contrario quando se concibe un *Número infinito de partes* en una pulgada cúbica de mármol, se concibe facılmente que eſte número infinito de partes puede ſer criado todo: luego se debe afirmar que la creacion de eſte número infinito de partes no repugna.

El primer número es una coleccion infinita de individuos, cuya exîſtencia general y univerſal formaria un infinito criado, el qual evidentemente repugna. El ſegun-

do número es una ſuma infinita de partes de un ſolo y único Individuo, el qual reunido ó dividido no hace mas que el mismo Individuo ó la misma naturaleza, cuya exîſtencia no preſenta nada de repugnante.

II. Repugna á la verdad, que Dios crie una despues de otra eſtas partes cuyo número infinito compone eſta pulgada cúbica de mármol, porque eſte número infinito é inagotable de partes jamas podría ſer ſucesivamente agotado.

Pero no repugna que eſta *suma infinita de partes* que debe formar y conſtituir la naturaleza finita de eſta pulgada cúbica de mármol, ſea criada toda á un tiempo, porque no repugna que una naturaleza finita y limitada reciba en un inſtante con la exîſtencia el número infinito de partes que conſtituyen neceſariamente eſta exîſtencia.

71 Objecion VII. Si la Materia es divisible al infinito, una ſuperficie de una pulgada tiene una infinidad de puntos en su longitud. Si una ſuperficie de una pulgada tiene una infinidad de puntos en su longitud, eſta ſuperficie no puede ſer andada por un móvil en toda su longitud, sin que eſte móvil paſe por encima de una infinidad de puntos que conſtituyen eſta longitud tocándolos ſucesivamente. Si un móvil paſa por encima de una infinidad de puntos tocándolos ſucesivamente, eſte móvil que no puede tocar y andar mas que un punto en cada instante, necesita una infinidad de inſtantes para andar eſta línea que tiene una infinidad de puntos.

Luego si una ſuperficie de una pulgada tiene una infinidad de puntos en su longitud, no se necesita ménos que una infinidad de inſtantes ó una eternidad para que un móvil ande la longitud de eſta ſuperficie.

Luego un hombre ó una bala de cañon por grande que se ſuponga ſer su velocidad, jamas podrán andar una pulgada de extension.

Eſte es el célebre argumento por medio del qual Zenon se esforzaba á demoſtrar á Diógenes la *imposibilidad del Movimiento*. Diógenes embarazado con él y no ſabiendo que responder, se levantó de su asiento, se paſeó por la ſala

ſala, y se volvió á ſentar. Paſeándoſe demoſtró á su contrario la posibilidad del movimiento; confeſando que no ſabia como responder á la dificultad propueſta, le enſeñaba que una dificultad indiſoluble no debe hacer abandonar una verdad cierta.

Si Zenon impugnaba simple y abſolutamente la posibilidad del movimiento, la respueſta muda de Diógenes era ingenioſa y decisiva. Pero si el intento de Zenon era únicamente hacer ver que la posibilidad del movimiento era incompatible con la infinita divisibilidad de la Materia que acaſo admitia Diógenes, la respueſta muda de eſte último era ninguna é inepta. Sea lo que quiera.

RESPUESTA. El Tiempo, lo mismo que la Materia es divisible al infinito; pues una hora puede ſer dividida sin fin en partes proporcionalmente descrecientes, por exemplo en mitades, quartas, octavas, décimas-ſextas, que expreſará eſta ſerie descreciente $\frac{1}{2}\ \frac{1}{4}\ \frac{1}{8}\ \frac{1}{16}\ \frac{1}{32}\ \frac{1}{64}\ \frac{1}{128} \ldots \frac{1}{\infty}$.

I. La ſuma infinita de partes proporcionalmente descrecientes de una hora es preciſamente igual á una hora; de ſuerte que no se necesita ménos que repetir una infinidad de veces el último término de eſta ſerie descreciente, para formar la duracion de una hora.

Un minuto, un ſegundo, un tercero ſon igualmente divisibles en un número infinito de partes descrecientes al infinito, cuya ſuma infinita no hará mas que un minuto, un ſegundo, un tercero respectivamente.

II. Es fácil fundándoſe en eſtos principios refutar la Objecion de Zenon. Un espacio determinado, por exemplo una toeſa exîge que el móvil que la anda tarde un tiempo determinado, por exemplo un ſegundo. Y así un punto infinitamente pequeño de eſte espacio determinado exîgirá una parte infinitamente pequeña del tiempo determinado, ó del ſegundo. Para andar pues el espacio total que tiene una infinidad de puntos infinitamente pequeños cuya ſuma infinita hace una toeſa, ſerá neceſaria únicamente una infinidad de inſtantes infinitamente pequeños cuya ſuma infinita hace un ſegundo. Luego es falſo que la infinita divisibilidad de la Materia traiga con-

sigo la imposibilidad del Movimiento, ó que en esta sentencia sea necesario un tiempo infinito para andar un espacio finito.

Se ve por esta Teoría de la *infinita Divisibilidad* de la Materia qué nubes ofuscan necesariamente el entendimiento humano, siempre que se atreve ó extender sus ideas finitas sobre la naturaleza del Infinito, aun en aquellas cosas en que le parece estar mejor demostrada la exîstencia del Infinito, y en que la naturaleza de este parece estar mas dentro de la esfera de su capacidad.

SECCION QUARTA.

INERCIA DE LA MATERIA, Y LEYES GENERALES DE QUE DEPENDE SU ACCION.

72. DEFINICION I. Se llama *Inercia de la Materia* una propiedad negativa que hace á la Materia una substancia meramente pasiva, una substancia incapaz de tener por sí misma y sacar de su propio fondo ninguna accion, movimiento, influencia ó virtud que obre ó resista positivamente: de suerte que toda la actividad que vemos en la Naturaleza material proviene necesariamente de otro principio que de la Materia que es solamente su sugeto.

Pero no se ha de confundir en la Materia la qualidad de Inercia con la fuerza de Inercia de que hablarémos en otra parte. (286)

La *Qualidad de inercia* es en la Materia una propiedad negativa y natural que denota una simple carencia de accion intrínseca y nacida de la Materia, lo que es la Materia en sí misma y por sí misma.

La *Fuerza de inercia* es en la Materia una propiedad positiva y accidental que denota la fuerza activa ó resistente que da á la Materia la voluntad libre del Criador que la anima y mueve segun ciertas Leyes fixas.

73. DEFINICION II. Llámanse *Leyes generales de la Ma-*

teria ó de la Naturaleza material, el modo fixo y constante que tiene la Materia de recibir, conservar, exercer, comunicar y perder la accion que la anima. Por exemplo, es una Ley general de la Materia, que no reciba movimiento sin una causa, que no le pierda sin una resistencia que le comunique y le transmita segun ciertas reglas fixas &c.

ARTICULO PRIMERO.

INERCIA DE LA MATERIA.

74. Observacion. Es patente que hay en toda la Naturaleza sensible una accion permanente, uniforme, regular y sometida á Leyes fixas é invariables. ¿Pero qual es la fuente, el origen y la causa de esta accion de la Naturaleza? esto sí que no es igualmente patente.

I. El Pueblo que comunmente no ve nada mas allá de lo que perciben sus sentidos, juzga sin exâmen que la accion de los cuerpos no tiene otro origen, otro principio, otra causa eficiente, que una virtud oculta de estos cuerpos.

Juzgar así, juzgar que los globos celestes se mueven porque tienen en sí mismos y por sí mismos la virtud de moverse, juzgar que los cuerpos terrestres gravitan hácia la Tierra porque tienen en sí mismos y por sí mismos una virtud gravitante: que la Tierra produce vegetables y minerales por que tiene en sí misma y por sí misma la virtud de producir todo esto, es juzgar que la manecilla de un Relox hace su revolucion sobre la esfera, porque tiene en sí mismo la virtud de moverse, de señalar las horas y de dividir exâctamente el tiempo sin el auxîlio de ningun resorte que produzca y regle su movimiento.

II. El Filósofo que no confunde los efectos con las causas, que sabe que la accion de un cuerpo no proviene de la materia que le constituye, como ni el movimiento de la manecilla de una muestra de la naturaleza del metal de que está hecha, busca en la Naturale-

za, quál pueda ſer la cauſa eficiente á quien debe la Materia ſus movimientos.

III. Los Filóſofos se han dividido ſobre eſte objeto, ſobre eſta accion de la Naturaleza en dos Sentencias opueſtas.

Los unos quieren que la accion de la Naturaleza material tenga por cauſa eficiente una *Virtud secreta de la Materia.* Eſte era el sentir de los Materialiſtas y Peripatéticos, y es aun el del Pueblo y de algunos Filóſofos Alemanes Partidarios de Leibnitz.

Los otros pretenden que la accion de la Naturaleza material tenga por única cauſa eficiente la *Accion permanente de un Ser increado y Criador*, que mueva y anime conſtantemente todas las partes de la Materia y de la Naturaleza segun ciertas leyes fixas é invariables, libremente eſtablecidas por él al principio de los tiempos: Eſte es el ſentir de Deſcartes y todos ſus Diſcípulos, de Neuton y todos ſus Sequaces, es decir de todos los verdaderos Filóſofos que hay hoy dia.

IV. Así ſegun Descartes y Newton rivales en todo lo demas, y ſolamente de acuerdo acerca de eſte objeto, la Materia tiene por propiedad una *Inercia absoluta y universal.* La accion permanente del Criador es ſegun ellos la Cauſa eficiente de todos los movimientos, de todas las partes, de todos los compueſtos, y de todos los principios de la Materia. Las varias Subſtancias materiales ſolo ſon la *Causa ocasional*, y de ningun modo *la Eficiente* de las acciones recíprocas que exercen unas ſobre otras. (*Met.* 171. y 783.)

„ Supongo en primer lugar, dice Franciſco María „ Aruet en ſus Miscelaneas de Filoſofía, que todos con- „ vienen en que la Materia no puede tener por sí misma „ movimiento. Es neceſario pues que le reciba de otro, „ y como no puede recibirle de otra Materia porque „ eſto ſeria una contradiccion, es neceſario que una cauſa „ inmaterial produzca el movimiento. Dios es eſta cauſa „ inmaterial, y se debe aqui advertir con cuidado que „ eſte axîoma vulgar *no se debe recurrir á Dios en las*

„ *materias Filosóficas*, no vale mas que en las cosas que
„ se deben explicar por las causas prôxîmas físicas; por
„ exemplo, yo quiero explicar porque un peso de una
„ libra contraresta á un peso de quatro libras. Si digo
„ que Dios lo ha ordenado así, soy un ignorante; pe-
„ ro si digo que es porque el peso de una libra está
„ quatro veces mas distante del punto de apoyo que el
„ peso de quatro libras, explico la cosa como debo. (429.)

„No sucede lo mismo con los *primeros Principios de*
„ *las cosas*; quando se trata de estos, el que no recurre
„ á Dios es un ignorante. Porque ó no hay Dios, ó no
„ hay primeros principios sino en Dios. El es quien ha
„ impreso á los Planetas la fuerza con que se mueven
„ de Occidente á Oriente. El es quien hace mover estos
„ Planetas y el Sol sobre sus exes, quien ha impreso á
„ todos los cuerpos una Ley en virtud de la qual ti-
„ ran todos igualmente hácia su centro. En fin quien ha
„ formado los animales á quienes ha dado una fuerza
„ activa con la qual hacen nacer el movimiento.„

75. Asercion I. *La Materia tiene una Inercia inherente á su naturaleza, una capacidad intrínseca y radical de darse á sí misma movimiento y accion.*

Demostracion. O ya se consulte la Experiencia, ó ya se consulte el Discurso, consta que la Materia no es mas que una potencia meramente pasiva, capaz de recibir accion y movimiento, pero incapaz de darsele á sí misma por una virtud intrínseca que le sea propia.

I. La Experiencia demuestra la *Inercia de la Materia*; porque un pedazo de mármol, un monton de tierra, una pieza de oro ó de plata, un trozo de hierro ó de madera quedan inmóviles en un mismo lugar y situacion, á menos que una causa exterior no se les haga mudar.

Luego estas substancias á quienes se ve en todo tiempo y lugar no tener accion ni movimiento sino á proporcion del que se les imprime, no tienen en sí y por sí principio alguno intrínseco de accion ni de movimiento. Luego toda la accion y movimiento que vemos en ellas es un movimiento y una accion que les imprime

una Causa exterior, sea la que quiera.

Luego por un Juicio de analogía todas las demas substancias materiales que se asemejan á ellas, no tienen igualmente por sí mismas principio alguno intrínseco de accion ni movimiento. ¿Y que substancias materiales hay que no se parezcan á ellas, especialmente en la hipótesis hoy generalmente recibida de una Materia homogénea en su naturaleza, y que solo se distinga por la diversidad de sus masas y de sus configuraciones en todas las especies de cuerpos? (143.)

II. El discurso demuestra tambien por su parte la *Inercia de la Materia*; por mas exfuerzos que hayan hecho hasta aora los Ateistas y Materialistas para atribuir á la Materia una accion intrínseca capaz de ahorrarles de admitir la influencia de un Dios Autor y Motor de la Naturaleza, no han hecho otra cosa que inventar Sistemas absurdos que chocan con todas las ideas y nociones que tenemos de la Materia.

Qualquiera idea que se forme de la Materia, se la concibe siempre como una substancia ciega y pasiva, como una substancia indiferente para la accion y carencia de accion, para el movimiento y carencia del movimiento: como una substancia capaz de recibir todas las modificaciones posibles de movimiento y configuracion, pero incapaz de tomar y darse ninguna por sí misma.

Luego si se debe juzgar de las cosas por las ideas que tenemos de ellas, es decir por el Principio fundamental de todos nuestros conocimientos (*Met.* 307.) consta por las ideas que tenemos de la Materia, *que la Materia no tiene esencialmente accion ni movimiento por su naturaleza*, pues que se la concibe y exîste sin accion ni movimiento: consta que *la Materia no tiene accidentalmente movimiento ni accion, por su exîgencia intrínseca y de su propio fondo*; pues que si así fuese, podria y deberia suceder que un pedazo de mármol ó de encina se moviera por sí mismo quando está quieto, ó se detuviese por sí mismo quando está en movimiento, lo que seria evidentemente absurdo afirmar ó pensar.

III. Ya habiamos obſervado y demoſtrado en nueſtros Elementos de Metafísica dc nſultando la experiencia y el diſcurſo, que la Materia es eſencialmente incapaz de penſamiento y ſentimiento, que la Materia pueſta en quietud ó en movimiento es abſolutamente incapaz de producir por sí misma y como cauſa eficiente el movimiento en otra materia. (*Met.* 710. *y* 783.)

Ahora acabamos de obſervar y demoſtrar que la Materia no tiene movimiento en sí misma por su eſencia, ni puede tomarle ó dárſele accidentalmente por sí misma ó por una virtud intrínſeca que la ſea propia.

De todo lo qual reſulta que la Materia no tiene, ni puede tener por sí misma *Accion alguna sea la que quiera*: que la Materia es á todos respectos una ſubſtancia puramente inerte y pasiva, una ſubſtancia capaz de recibir, é incapaz de darse accion ni movimiento: una ſubstancia cuya propiedad natural es una completa Inercia radical é intrínſeca. (L. Q. P. D.)

76. Asercion II. *La accion que anima la Naturaleza visible sobre la tierra y en los cielos tiene necesariamente por causa eficiente la accion permanente del Ser Increado y Criador.*

Demostracion. Es evidente que hay en la Naturaleza visible una ſuma inmenſa y permanente de movimiento. ¿Pero qual es su orígen y su cauſa?

I. Es cierto que el movimiento que renueva sin ceſar la ſuperficie de la Tierra, que vivifica y perpetua la Naturaleza visible al rededor de noſotros así en el reino animal, como en el vegetal y mineral, no tiene por cauſa eficiente la materia que forma nueſtro Globo, ni alguna otra materia ſemejante ó deſemejante, pues ſegun la aſercion precedente la Materia no tiene por sí misma y de su propio fondo mas que una inercia abſoluta y univerſal, una incapacidad radical y completa de moverſe ó de mover otra materia. Luego el movimiento que anima nueſtro Globo, no tiene ni puede tener otro principio, otra cauſa eficiente, que la accion permanente del Criador.

Porque ¿que otra *sino una Causa infinita en inteligencia y poder* podria co[illegible]er y producir á cada inſtante en el Globo que habitamos sin exceſo ni defecto el grado preciſo y la qualidad conveniente de accion que exîge continuamente la Naturaleza material en todas sus partes : por exemplo, el grado preciſo de accion que conviene á una Potencia mecánica, cuya fuerza variable crece y descrece siempre como las diſtancias del punto de apoyo que ella no mide: el grado preciſo de accion que conviene á cada Cuerpo terreſtre, cuya fuerza gravitante se hace mayor yendo del Equador hácia los Polos, y menor yendo de los Polos al Equador, se aumenta acercándoſe, y disminuye apartándoſe del centro de la tierra, siempre en razon inverſa de los quadrados de su diſtancia actual del mismo centro; quadrados que ella no conoce: El grado preciſo y la qualidad conveniente de accion, de donde debe reſultar el juſto equilibrio de los Elementos, el conflicto armónico de los Sólidos y Flúidos; el deſenvolvimiento de las ſemillas, la formacion y acrecentamiento de todo lo que vive y vegeta, y la eterna renovacion de la Naturaleza visible; miſterios todos inconcevibles, de los que nada han podido comprehender los mas profundos y penetrantes ingenios?

II. Es cierto que la Luna moviéndoſe al rededor de la Tierra, y los Planetas y Cometas moviéndoſe al rededor del Sol tienen cada uno en cada punto de ſus Curvas Elípticas un *Movimiento proyectil* siempre en razon inverſa de las diſtancias del Planeta á su centro de movimiento: un *Movimiento centrípeto* siempre en razon inverſa de los quadrados de las diſtancias al mismo centro, y *un Movimiento centrífugo* siempre en razon inverſa de los cubos de las diſtancias al centro.

Ahora pues, ¿que otra Potencia que la Potencia infinita del Ser increado y criador puede producir y variar á cada inſtante ſegun Leyes fixas é invariables eſta inmenſa ſuma de movimiento en los Planetas y Cometas ¿Que otra inteligencia que la Inteligencia infinita del Ser in-

increado y criador puede sin cesar y siempre indefectiblemente conocer y determinar la quantidad precisa de aumento y diminucion que deben tomar á cada instante todos estos Movimientos incesantemente variables segun diferentes Leyes, para conducir y detener cada Globo errante en la ruta que le fué asignada, y de que no se aparta sino otro tanto cabalmente, como exîgen las Leyes invariables á que está sometido?

Luego es cierto y evidente que el Movimiento que anima la Naturaleza visible así sobre la tierra, como en los cielos no tiene ni puede tener otra Causa eficiente que la accion permanente del Ser increado y criador. (L. Q. P. D.)

ARTICULO SEGUNDO.

LEYES GENERALES DE LA NATURALEZA MATERIAL.

77. Observacion. La Materia ciega é inerte por su naturaleza y de su propio fondo está sometida á ciertas *Leyes generales é invariables*, de donde resulta en ella una *Accion regular y permanente* sumamente digna del estudio y admiracion del Filósofo.

Estas Leyes generales son para la Materia *verdaderas causas físicas*, pues dan lugar á la exîstencia de una infinidad de efectos diferentes que son tan reales y tan físicos en sí mismos, como si tuvieran por causa eficiente la misma Materia. (*Met.* 176.) Entre las diferentes Causas físicas cuya influencia y accion podemos observar

I. Se llama *Causa particular* una accion aislada que solamente produce un efecto aislado; tal es el choque de una bola contra otra, tal el exfuerzo de un hombre que levanta un peso.

II. Se llama *Causa general* una accion comun que conviene ó puede convenir á todos los cuerpos, y de

donde resultan muchas especies de efectos; tal es la Impulsion general que ocasiona una infinidad de efectos de diferente especie, y que es propia de todo género de cuerpos; tal es tambien la Atraccion general, que afecta á todos los cuerpos y produce una multitud de fenómenos en la Naturaleza; tal es en fin la Afinidad, pues no hay cuerpo alguno que no tenga una atraccion especial respecto de otra clase de cuerpos.

III. Se llaman *Causas primitivas* los efectos generales que se observan constantemente en la Naturaleza, y á los quales no se los puede asignar una causa superior de donde dependa su exîstencia.

Por exemplo, la *Tendencia que tienen todos los cuerpos unos hácia otros* es un efecto general, al qual no se puede asignar causa superior: este efecto ó esta tendencia es una causa primitiva en la Naturaleza.

Por exemplo ademas; si hay en la Naturaleza material algun *Fluido motor* cuyo destino sea poner en movimiento mediante su choque los cuerpos terrestres y celestes, sin que ningun otro impulso, ninguna otra Causa haya ocasionado el movimiento de este fluido: este efecto sin causa, este movimiento principio, este fluido en accion y destinado á ponerlo todo en movimiento será una causa primitiva de la Naturaleza.

IV. Se da razon de la accion de las Causas particulares por la influencia de las Causas generales y primitivas; pero no se da razon de las Causas generales y primitivas, sino por la voluntad del Criador que ha establecido libremente tales leyes, tal órden de cosas, porque así le plugo.

El estudio y mérito de la Física consisten pues en observar y descubrir segun que leyes se exercen las acciones recíprocas entre las diversas substancias materiales que hay en la Naturaleza, para subir por la observacion de los efectos á ciertas causas generales que dan movimiento á toda la Naturaleza, y de las que no se puede dar otra razon, que la voluntad libre del Criador que ha querido el orden actual de la Naturaleza, y no otro diferente.

V. Por la observacion de los fenómenos consta que

hay en la Naturaleza *tres Causas generales y primitivas* á ſaber la Impulsion, la Atraccion, y la Afinidad.

Vamos á dar en los tres párrafos siguientes una ſucinta idea de las dos primeras que ſon mas conocidas: y una nocion baſtante deſenvuelta y extenſa de la tercera que es acaſo menos conocida, y que importa mucho conocer bien.

PARRAFO PRIMERO.

LEY DE IMPULSION.

78. Definicion. *La Impulsion* es el choque de un cuerpo contra otro. La impulsion incluye pues la accion del cuerpo que choca, que se considera como cauſa, y el movimiento producido en el cuerpo chocado, que se considera como efecto.

La Impulsion es evidentemente una cauſa general y primitiva en la Naturaleza, aunque no se conoce ſuficientemente qual es la materia que sirve de primer motor.

Parece baſtante verosímil que el Fluido igneo es el principal agente primitivo de la Naturaleza ſobre nueſtro Globo en los fenómenos que dependen de la Impulsion natural.

79. Nota. Segun Descartes la cauſa primitiva y general de todos los efectos de la Naturaleza material es la *Impulsion*, de la qual quiere que nazcan y se deriven todos los fenómenos del Univerſo.

Preguntadle porque el mármol es un cuerpo duro; os responde que su *dureza* proviene del repoſo de ſus partes unas junto á otras, el qual es ocasionado por la impulsion del fluido que le rodea, y que empuja á ſus elementos unos contra otros.

Preguntadle porque el agua es fluida; os responde que eſta *fluidez* tiene por motivo la impulsion del fluido que hay entre los elementos del agua, quien tira á apar-

tarlos á medida que el fluido que la rodea, tira á unirlos.

Preguntadle porque una bola de plomo que se os cae de la mano, tira hácia el centro de la Tierra. Os responde que esta *gravitacion* es producida por la impulsion del fluido circundante, el qual impeliendo con mas fuerza á su emisferio superior que á su emisferio inferior, le precipita hácia el centro de la Tierra.

Preguntadle porque los Planetas describen curvas al rededor del Sol. Os responde que este *movimiento* les viene de la impulsion del fluido en que nadan, que les imprime á un tiempo un movimiento centrífugo y un movimiento centrípeto, cuyo resultado es la curva que describen.

Preguntadle porque estos mismos Planetas caminan de Occidente á Oriente; y no de Oriente á Occidente, de Norte á Medio dia, ó de Medio dia á Norte. Os responde que estos cuerpos celestes son llevados *en esta direccion* mas bien que en otra por la impulsion y direccion del fluido en que estan metidos.

Preguntadle porque este fluido que tiene la inercia por propiedad natural, tiene en sí mismo esta impulsion y direccion. Os responde que este fluido motor no tiene esta impulsion y direccion por su naturaleza, sino por la voluntad libre del Criador.

Preguntadle en fin porque el Criador ha querido imprimir al fluido que da movimiento y accion á todo el Universo este impulso y esta direccion mas bien que qualquiera otra. Os responde que esto es salirse de la investigacion de las *Causas físicas*, para meterse en la de las *Causas finales*; que el último término en la investigacion de las Causas físicas es la Impulsion primitiva que el Criador ha decretado libremente; y que el Criador ha decretado libremente esta Ley de Impulsion, únicamente porque ha querido, y porque la ha juzgado propria para la execucion de sus grandes designios en la formacion y conservacion de la Naturaleza.

Es cierto é incontestable que la Impulsion es una *Ley general y primitiva de la Naturaleza*; una infinidad

de efectos demuestran que exîste; ¿Pero la Impulsion es la única Ley de la Naturaleza, de suerte que todos los fenómenos terrestres y celestes nazcan de ella sola? No. Mas adelante harémos ver que esta Ley sola no es suficiente para dar razon de una multitud de fenómenos, y de consiguiente que es forzoso admitir otras mas que ella. *Esta Ley de la Impulsion* la explicarémos amplamente en los Tratados tercero, quarto, y quinto siguientes, que tienen por objeto la Teoría del Movimiento.

PARRAFO SEGUNDO.

LEY DE ATRACCION.

80. Observacion. Segun Newton hay en la Naturaleza ademas de la causa primitiva que asigna Descartes que es la *Impulsion*, otra causa primitiva que se la debe asociar que es la *Atraccion*; de fuerte que estas dos Causas primitivas independientes una de otra se reducen en último analisis á la voluntad del Criador que libremente ha decretado una y otra, para que ó separadas ó juntas sean los dos grandes móviles de la Naturaleza ó del Universo.

Descartes segun su falso Sistema del Lleno, creyó poder explicar todos los fenómenos por sola la Ley de la Impulsion.

Newton habiendo demostrado la exîstencia de un vacío inmenso en la region de los planetas y cometas entre el sol y las estrellas, ha hecho ver que la Impulsion no bastaba para dar razon de los grandes fenómenos de la Naturaleza visible, y asi que era forzoso añadir á la Ley de la impulsion una Ley de atraccion.

¿Pero que es esta *Atraccion Neutoniana*, cuyo nombre solo irrita todavia á algunos pretendidos Filósofos? ¿Es algun viejo resto, ó algun nuevo retoño de estas *Qualidades ocultas* que el inmortal Descartes ha dester-

rado del pais de la Filosofía? Guardémonos por nuestro mismo honor de sospechar que el grande Newton haya dado en una locura semejante. Las Qualidades ocultas del Peripato no eran mas que *Seres ficticios é indefinibles* de que no se tenia idea alguna y que imaginaba el Pedantismo estúpidamente ciego, para cubrir su débil ignorancia, y escusarse de dar razones en lugar de voces vacías de sentido y sin objeto. (*Met.* 99.)

La Atraccion Neutoniana (si exîste) nada tiene de comun con estos disparatados sueños. Para hacerlo ver claramente darémos aqui una idea simple y luminosa de lo que es la Atraccion, y en otra parte demostrarémos su exîstencia por razones enteramente convincentes é irrefragables. (800. y 808.)

81. Definicion. La *Atraccion* (si exîste) es un movimiento impreso por el Criador á los cuerpos coexîstentes, en virtud del qual estos cuerpos sea en el vacío, sea en el lleno sin la impulsion de una materia exterior tiran mutuamente á acercarse unos á otros.

La fuerza atractiva de un cuerpo es siempre proporcional á su masa, á la quantidad de partículas que le componen, las quales son todas tambien atractivas.

La coexîstencia de dos cuerpos sean los que quieran, por exemplo del Sol y de la Tierra colocados á distancias mas ó menos grandes uno de otro en el seno del Vacío inmenso, he aqui la Causa ocasional de su atraccion ó de su tendencia recíproca del uno hácia el otro.

El movimiento con que estos dos cuerpos movidos por el Criador tiran recíproca y constantemente á acercarse uno á otro, he aqui su misma atraccion. Quan ciego era necesario estar para sospechar que estas ideas tan simples y luminosas tuviesen alguna semejanza con las Qualidades ocultas del Peripato, que no se podian concebir ni definir!

Posibilidad de la Atraccion General.

82. Asercion. *La Atraccion recíproca y general entre todos los cuerpos en los términos que la acabamos de definir es evidentemente posible.* (Fig. 3.)

Demostracion. Sean dos globos A y B. á quienes una doble impulsion puede hacer aproxîmarse uno á otro hácia el punto C.

I. En los principios de los que no admiten mas causa que la Impulsion, los dos globos A y B. no se mueven uno hácia otro sino por la accion del Criador Causa eficiente de todo movimiento (76); y no son movidos por la accion del Criador, sino porque el Criador ha determinado libremente al principio de los tiempos producir en estos dos globos *con ocasion de esta doble impulsion* un movimiento que les haga caminar uno hácia otro.

Ahora pues es evidente que el Criador ha podido igualmente decretar al principio de los tiempos, que él produciria en estos dos globos *con ocasion de su simple coexîstencia* y sin el auxîlio de ninguna impulsion un movimiento que les llevase uno hácia otro, que es lo que únicamente entendemos por Atraccion; luego la Atraccion es evidentemente posible entre estos dos globos, sea en el Vacío ó fuera del Vacio.

II. Asi como es evidente que el Criador ha podido decretar y establecer entre estos dos globos A. y B. un *movimiento permanente de atraccion* ocasionado por su simple coexîstencia en el Vacío ó fuera del Vacío, lo es tambien que ha podido igualmente decretar y establecer un movimiento semejante de atraccion entre todos los elementos de la Materia sin otra causa ocasional que la coexîstencia de estos elementos en el Vacío ó fuera de él.

Luego es evidentemente posible que todos los elementos de la Materia esparcidos ó reunidos en el espacio inmenso tengan unos hácia otros una tendencia ocasionada por su simple coexîstencia. Luego una *Atraccion recíproca y general* entre todos los elementos de la Ma-

teria es evidentemente posible. (L. Q. P. D.)

83. Nota. La Impulsion y la Atraccion ſon los dos grandes móviles de la Naturaleza visible, las dos Cauſas físicas de donde nacen primitivamente todos los grandes fenómenos del Univerſo. La exîſtencia de la Ley de impulsion se demueſtra ſensiblemente por una multitud de fenómenos que se preſentan sin cesar á nueſtra viſta. La exîſtencia de la Ley de atraccion se demuestra no menos sensiblemente por todos los grandes fenómenos celeſtes. Pero hay entre eſtas dos leyes generales de la Naturaleza una diferiencia eſencial, que es neceſario conocer y obſervar bien.

I. La *Fuerza impulsiva*, que no obra ni puede obrar sino con ocasion y en virtud del contacto, es una fuerza conſtante é invariable, y asi es siempre el produƈto de la maſa por la velocidad.

II. La Fuerza atraƈtiva que obra sin dependencia del contacto y á qualquiera diſtancia dada, es una fuerza que varía con las diſtancias, siendo siempre la misma quando la diſtancia es la misma, pero creciendo y descreciendo en razon inverſa de los quadrados de las diſtancias quando la distancia se muda: por exemplo (*fig.* 3.)

Sea el cuerpo A. que en el Lleno ó en el Vacío atrae con una fuerza como al cuerpo B. diſtante de él un pie. A la diſtancia de un medio pie en C. eſte mismo cuerpo A. atraeria al cuerpo B. con una fuerza como 4: A la diſtancia de un quarto de pie en F. eſte mismo cuerpo A. atraeria al cuerpo B. con una fuerza como 16.

Pero por el contrario á la diſtancia de dos pies en D. eſte mismo cuerpo A. no atraeria al cuerpo B. mas que con una fuerza como $\frac{1}{4}$., á la diſtancia de tres pies, con una fuerza como $\frac{1}{9}$., á la diſtancia de quarto como $\frac{1}{16}$, á la distancia de diez con una fuerza como $\frac{1}{100}$. y asi progresivamente al infinito.

Lo mismo ſucede con el cuerpo B. relativamente al cuerpo A. á quien él atrae por su parte, al paſo que el otro le atrae á él.

Teo-

Teoria sucinta de la atraccion general.

84. Observacion. La idea pues que se debe formar de la Atraccion recíproca y general de los cuerpos segun los descubrimientos y demoſtraciones del gran Neuton es la siguiente, brevemente expueſta.

I. *Todos los cuerpos del Universo sólidos, líquidos, ó fluidos tienen muy recíprocamente unos respecto de otros una fuerza atractiva*; por exemplo la Tierra atrae al Sol, el Sol á la Tierra. La Tierra atrae á la Luna, y la Luna á la Tierra. Igualmente la Tierra atrae á su centro una piedra pueſta ſobre su ſuperficie, y eſta piedra atrae hácia sí el centro y toda la maſa de la Tierra.

En todo cuerpo exîſte pues una *Atraccion activa, y una Atraccion pasiva.* Mediante su atraccion activa un cuerpo atrae á sí los otros cuerpos: y por su atraccion pasiva es llevado por la atraccion activa de ellos. Por exemplo, la Tierra por su atraccion activa atrae á sí á la Luna, y por su atraccion pasiva es atraida hácia la Luna. Lo mismo se debe decir del Sol respecto de los Planetas y Cometas, que hacen ſus revoluciones periódicas al rededor de él; ſuponiéndole colocado en el centro del Mundo Planetario. (*Fig.* 124.)

II. *Esta fuerza atractiva mutua y recíproca es siempre proporcional á las masas que se atraen*: de fuerte que si la Atraccion recíproca se exerce entre dos cuerpos de los quales el uno tenga diez veces mas maſa que el otro, la fuerza atractiva del primero relativamente á la del ſegundo ſerá diez veces mayor que la fuerza del ſegundo relativamente á la del primero.

Igualmente si dos cuerpos ceden libremente á la Fuerza atractiva que obra ſobre ellos el cuerpo diez veces mas pequeño y diez veces mas atraido se aproxîmará como diez al mas grande, mientras que el mas grande ſolo se aproxîmará como uno al mas pequeño.

III. *Esta Fuerza atractiva de un cuerpo sea el que quiera crece, ó descrece en razon inversa del quadrado de su dis-*

tancia actual al cuerpo atraido. Por exemplo : ſea la Atraccion activa del Sol respecto á la Tierra actualmente como uno.

Si la Tierra perdieſe la mitad de ſu diſtancia del Sol, la accion atractiva de eſte Aſtro vendria á ser quatro veces mayor de la que era antes.

Si la Tierra fueſe llevada á una diſtancia del Sol doble de la que tiene ahora la accion atractiva del Sol vendria á ſer quatro veces mas pequeña que lo que es actualmente, &c. (802. y 805.)

Tales ſon las famoſas *Leyes de la Atraccion* que ha deſcubierto y demoſtrado el inmortal Newton, y que yo adopto con él sin que me infunda miedo un reſto de rancio fanatiſmo, que combate aun contra ellas, y que se exfuerza abſurdamente á ridiculizarlas, lo que á los ojos de la Filoſofía y de la Razon hace mas ridiculos á los que lo intentan. *Los frios chistes y malos razonamientos que se han hecho en Francia contra los admirables descubrimientos de Newton dice Aruet, serian la afrenta de la Nacion, si aquellos que las han hecho no fueran el oprobio de la Filosofía.*

PARRAFO TERCERO.

LEY DE AFINIDAD.

85. Se llama *Afinidad* entre los Chîmicos así la tendencia que tienen las partes integrantes ó conſtituyentes de los cuerpos unas hácia otras, como la fuerza que las hace adherir mutuamente quando eſtan unidas.

Conſta por una infinidad de experiencias que eſta tendencia y eſta fuerza exîſten ſea la que quiera su cauſa, que averiguarémos bien pronto. La Afinidad Chîmica es ó simple, ó compueſta.

86. Definicion II. *Afinidad simple* es la que se exerce ó entre las partes integrantes de un mismo cuerpo, como quando las partes integrantes del mercurio se atra-

en entre sí ó entre las partes integrantes de dos cuerpos diferentes, como quando las partes integrantes del agua atraen las partes integrantes de la Sal comun disolviéndola y manteniéndola disuelta.

87. Definicion III. *Afinidad compuesta* es aquella en virtud de la que dos substancias diferentes unidas entre sí por su afinidad ó tendencia natural se unen á alguna nueva especie de substancia.

I. Puede suceder en primer lugar que dos substancias unidas entre sí por su afinidad se unan aun con una tercera, quarta, ó quinta especie de substancia en virtud de la afinidad que tenian y todavia conservan con estas nuevas substancias. Tal es la Afinidad, en virtud de la que el agua saturada de sal marino está aun en estado de unirse con el azucar, el nitro, con otros sales, y aun con otros cuerpos con los quales está naturalmente dispuesta á unirse.

II. Puede suceder tambien que dos subftancias, que separadas no tienen afinidad alguna sensible con una tercera, adquieran por su union una afinidad bastante sensible con esta tercera substancia. De este modo el Accido nitroso y el accido marino que separados nada obran sobre el oro, unidos y combinados entre sí le disuelven por la afinidad que han adquirido con su union.

III. Puede suceder en fin que dos substancias unidas entre sí por su afinidad la pierdan mezclándose con otra tercera, la qual uniéndose con uno de los dos principios fuerze al otro á separarse de él. Por esta causa si despues de haber disuelto algunas hojitas de plata en agua fuerte se echan en esta disolucion algunas hojitas de cobre, el agua fuerte se une al cobre y le disuelve separándose de la plata que se precipita al fondo del vaso. De aqui el origen de las Precipitaciones Chîmicas.

EXISTENCIA DE LAS AFINIDADES CHIMICAS.

88. Observacion. No se puede ménos de recono-

cer en la Naturaleza *Afinidades particulares*, ó *Atracciones especiales* entre ciertos cuerpos, las quales no parece que se derivan ni de la Ley de Impulsion, ni de la de la Atraccion general. Los mas célebres Chîmicos y Físicos han reconocido su exîſtencia. Pero de ellos

I. Unos se han limitado á tener eſtas Afinidades ó Atracciones especiales por efecto de otras tantas propiedades particulares de la Materia, de que no se podia dar otra razon sino que tal es su naturaleza, lo que es directamente volver á eſtablecer el imperio de las qualidades ocultas y atribuir á la Materia una inteligencia, una accion, una virtud que repugnan á su naturaleza. (75 y 76.)

II. Otros han querido atribuir eſtos fenómenos á las Leyes generales de la Impulsion y la Atraccion general, pero no han conſeguido mas que demoſtrar que eſtas Leyes no ſon ſuficientes para explicarlos.

La Impulsion exîſte sí en la Naturaleza, pero su accion no puede tener nada de comun con una multitud de fenómenos que nos preſenta la Naturaleza, como lo harémos ver bien pronto. La Atraccion general debiendo ſer siempre respecto á todos los cuerpos sin diſtincion alguna en razon directa de las maſas é inverſa del quadrado de las diſtancias (84) tiene el mayor lugar en los fenómenos celeſtes, pero en los terreſtres es una ridiculez valerſe de ella pues no entra ni pueda entrar para nada.

III. La mayor parte en fin atribuye los varios *Fenómenos de la Afinidad* que se obſervan en la Naturaleza visible á una *Ley especial de Atraccion* entre ciertas especies de cuerpos, ley diſtinta é independiente á lo menos en parte de la Atraccion general en razon directa de las maſas é inverſa de los quadrados de las diſtancias. He aquí la idea que se puede y debe formar de eſta Cauſa y de eſta Ley primitiva de la Naturaleza diſtinta de la Impulsion y de la Atraccion general.

IDEA DE LAS ATRACCIONES ESPECIALES Ó AFINIDADES CHIMICAS.

89. Observacion. Segun los mas célebres Físicos y los mas grandes Chîmicos de nueftros dias, el Criador que ha eftablecido el Orden y Eftado prefente de la Naturaleza y ha querido la exîftencia permanente de tales y tales fenómenos de Afinidad, ha decretado sin duda al principio de los tiempos que los cuerpos análogos tengan en el contacto ó muy cerca del contacto una *Tendencia especial* unos hácia otros, y que efta tendencia fea tanto mayor quanto mas perfectas fean la analogía y contigüidad de fus elementos.

Así en efta hipótesis dos elementos de Materia se atraen recíprocamente quando eftan muy cerca del contacto ó adhieren uno á otro con mas ó menos fuerza en cafo de contacto, no en virtud de una fuerza que les fea intrínfeca, no en virtud de una impulsion que los mueva uno hácia otro; no en virtud de la Ley general de atraccion que obra indiferentemente en todos los cuerpos sino en virtud de una *Voluntad primitiva del Criador* que ha decretado que tales cuerpos mas ó menos análogos entre sí tengan tal tendencia unos hácia otros únicamente en el punto, ó muy cerca del punto de contacto.

POSIBILIDAD DE LAS ATRACCIONES ESPECIALES.

90. Hypotesis. *¿El Autor de la Naturaleza que ha establecido una Ley de atraccion relativa á la diferencia de las distancias, no habria podido establecer otra Ley de Atraccion relativa á la diferencia de los Elementos?* (*fig.* 4.)

Explicacion. ¿El Autor de la Naturaleza que ha decretado que el Elemento M atraxefe con mas fuerza al Elemento N que eftá mas cercano, que al Elemento A que eftá mas diftante de él, no ha podido decretar igualmente que á una diftancia infinitamente pequeña y únicamente en el punto de contacto, ó el mismo Elemento M

atraxefe con mas fuerza en una proporcion qualquiera el Elemento N que se le afemeja que el Elemento R que no se le afemeja?

Es evidente que efta idea no incluye nada de imposible: fupongamosla real; de efta fuposicion que no es otra cofa que una nueva modificacion de la Ley general de la Atraccion, nacerá la explicacion de una multitud de fenómenos de los que es imposible dar otra alguna razon.

I. En efta hipótesis cuyos fólidos fundamentos moftrará todo efte Párrafo, *la Ley de Atraccion* siempre proporcional á las mafas no padeceria mas que dos modificaciones diferentes.

Obraria en *razon inversa* de los quadrados de las distancias relativamente á todos los Elementos de la Materia tanto en el cafo de contigüidad, como fuera de efte cafo. Efta es la *Ley general de Atraccion* que obra univerfal é indiftintamente en todos los cuerpos á qualquiera diftancia.

Obraria respecto á ciertos Elementos mas análogos únicamente en cafo de contigüidad ó muy cerca de ella *en otra proporcion* todavia no conocida; pero capaz de aumentar inmenfamente la atraccion precedente respecto de éftos elementos análogos, contigüos ó próxîmos á eftar contigüos. Efta feria la *Ley especial de atraccion* ceñida á ciertas especies de cuerpos análogos entre sí en el folo cafo de contigüidad ó de una infinitamente pequeña diftancia.

II. En efta hipótesis la *Ley de Atraccion* se dividiria pues como en dos Leyes diferentes, fegun fus diferentes efectos, ó el diferente modo de exercerfe.

La primera de eftas dos Leyes, ó la *Ley general de Atraccion* es indudablemente la caufa física de la tendencia de los cuerpos fean los que quieran hácia ciertos centros comunes, como de la gravitacion de los Planetas y Cometas hácia el Sol, de los Sátelites de Saturno ó de Júpiter hácia fu Planeta principal, en fin de la Luna y Cuerpos terreftres hácia el centro de la Tierra.

La segunda de estas dos Leyes, ó la *Ley de Atraccion especial* podria ser la causa física de la tendencia singular y muy manifiesta de ciertos elementos hácia otros Elementos análogos, únicamente en el caso de contigüidad, ó de una proxîmidad muy grande.

Por exemplo. Yo destapo una botella de cerveza, y al instante este licor se arroja como un torrente espumoso fuera de la botella contra lo que exîge su gravedad natural. ¿De donde puede provenir este fenómeno sino de una atraccion especial y bastante sensible entre las móleculas del ayre y ciertas moléculas de este licor, la qual se exerza en el momento en que estas dos especies análogas se hacen contigüas, y pueden atraerse libremente? Se verá por lo que adelante dirémos en este mismo parrafo, que en vano se pretenderia atribuir este fenómeno y otros mil semejantes á otra causa diferente.

III. Aunque hasta aqui he hablado de la afinidad como de una modificacion de la Ley de Atraccion; para simplificar las cosas consideraré de aqui adelante la *Ley de Afinidad* como una ley aparte, como una ley enteramente distinta de la Ley general de la Atraccion, con la que realmente nada tiene de comun en su accion, ni en sus efectos.

CAUSA EFICIENTE DE LAS ATRACCIONES ESPECIALES, Ó AFINIDADES CHIMICAS.

91. COROLARIO. Suponiendo real la Ley de Atraccion especial de que acabamos de dar idea, *la tendencia particular que tienen ciertos cuerpos análogos unos hácia otros, tiene por causa eficiente la accion del Criador*, el qual en conseqüencia de la Ley que ha dado, y del órden de cosas que ha establecido imprime este movimiento á los *Cuerpos análogos* con ocasion de su coexîstencia, su analogía, y su contigüidad, ó muy grande proxîmidad. Para dar pues Definiciones sencillas y luminosas de todos estos objetos

I. Esta *Tendencia particular* que tienen entre sí ciertos Elementos infinitamente poco distantes unos de otros es un movimiento que les imprime el Criador única causa eficiente de todo movimiento en la Naturaleza. (76.)

II. Este movimiento tiene por causa ocasional á conseqüencia de la voluntad primitiva y siempre subsistente del Criador, la *Coexîstencia y la muy grande proxîmidad* de los Elementos que forman estos cuerpos mas ó ménos análogos.

Quando la proxîmidad se convierte en *Contigüidad*, la tendencia recíproca subsiste y produce una adhesion ó resistencia á la separacion. Quanto mas perfectas son la analogía y contigüidad, tanto mas grandes son la tendencia y adhesion que resultan de ellas.

92. Objeccion. La Atraccion especial ó la Afinidad de los cuerpos tiene todo el ayre de ser uno de estos seres fabulosos que la imaginacion inventa para explicar fenómenos cuya causa ignora la razon. ¿Por lo ménos no tiene esta causa bastante afinidad y analogía con las qualidades ocultas del Peripato? ¿Por otra parte en que puede consistir la analogía de elementos destinados á atraerse mutuamente? Esto es ciertamente imposible de explicar.

Respuesta. I. La Afinidad que yo supongo en la Naturaleza siguiendo á los mas célebres y profundos Chîmicos está demostrada por una infinidad de fenómenos, que no se pueden atribuir á otra causa que á esta, como lo harán ver las experiencias y observaciones que expondré bien pronto.

La *exîstencia de esta Ley de Afinidad* como tambien la de una Ley de Impulsion y de una Ley de gravitacion está demostrada por los efectos. Si son necesarias otras pruebas para hacer ver que estas leyes generales de la Naturaleza no son fantasmas de la imaginacion, nada hay cierto y seguro en la Física.

II. Es evidente que nada hay de oculto, nada de obscuro en la definicion sencilla y luminosa que acabamos de dar así de la causa como de la naturaleza de las Afini-

nidades. Es claro por consiguiente que la tendencia recíproca y particular que tienen ciertos cuerpos entre sí no presenta nada de comun con las qualidades ocultas del Peripato, de las quales no se daba idea alguna, y es que no se podian definir ni concebir. (*Met.* 98 y 99.)

III. Como no podemos observar en sí mismos los elementos primitivos de los cuerpos, pues por su infinita pequeñez no podemos verlos aunque nos valgamos de los mejores microscopios, no está en nuestro poder determinar qual es la figura y qualidad de los elementos análogos que tienen entre sí una Afinidad mas sensible muy cerca ó en el mismo punto del contacto, pero no es ménos cierto que hay elementos que tienen mas afinidad y analogía entre sí que con algunos otros.

Es bastante verosímil que los *Elementos perfectamente semejantes y homogeneos* tienen entre sí una grande Afinidad. De aqui la Atraccion especial de dos gotas de agua y dos pequeñas porciones de Mercurio.

Pero no es ménos verosímil si hemos de juzgar por lo que experimentamos, que ciertos elementos homogeneos tienen tambien una afinidad bastante grande con elementos de otra naturaleza diferente. De aqui la Atraccion del agua respecto de los Sales, y del Ayre asi respecto del agua á quien eleva en vapores, como de diferentes líquidos á quienes disipa y absuerve.

Esta relacion mutua ó conveniencia recíproca de los elementos homogeneos ó heterogeneos es lo que yo llamo aqui su *Analogía*, sea la que quiera la figura, grandor y qualidad que les den esta relacion y conveniencia.

PROPOSICION GENERAL.

93. *Consta por muchísimos fenómenos, que hay en la Naturaleza visible Afinidades ó Atracciones particulares que solo se pueden explicar de un modo que satisfaga en la hipótesis de una Ley especial de Atraccion entre ciertas especies de elementos muy cerca del punto del contacto, ó*

en el mismo punto del contacto: luego exîste esta Ley de Atraccion.

Explicacion. Ruego á mis Lectores que no cedan súbitamente y sin exâmen á un cierto instinto que subleva á primera vista todas las potencias del Alma contra una *Verdad Filosófica* que yo mismo no he adoptado sino despues de haber intentado en vano por espacio de muchos años desconocerla, combatirla y destruirla.

En la Proposicion general que expresa esta Verdad Filosófica, si el antecedente es verdadero, la conseqüencia es cierta é indudable, pues que toda causa se demuestra por sus efectos, y asi únicamente se trata aquí de exâminar la verdad de este antecedente.

Casi todos los Fenómenos de la Física y la Chîmia nos ofrecen pruebas convincentes y decisivas en favor de las Afinidades Chîmicas ó Atracciones especiales independientes de la Ley de Impulsion y de la Ley general de Atraccion. Elegirémos y expondrémos aquí los mas conocidos é interesantes de estos fenómenos, y por lo mismo los mas capaces de hacer sensible la Verdad filosófica que acabamos de proponer y que vamos á probar.

PRUEBA PRIMERA.

FENOMENOS DE LA ATRACCION DEL AGUA.

94. Descripcion. El *Agua* perfectamente pura es un fluido diáfano que no admite compresion sensible y palpable, muy deleznable y volátil, inalterable é indestructible, sin color, sin olor, sin sabor y sin resorte ó sin elasticidad. Las partes integrantes de este elemento han resistido poderosamente á todos los exfuerzos que ha hecho la Chîmia para descomponerlas; lo que prueba que el agua es uno de los cuerpos mas simples de la Naturaleza si ya no es el mas simple de todos. Pero á causa de su afinidad con otras varias substancias es muy dificil hallarla perfectamente pura, y en caso de no estarlo, la Chîmia puede extraer de ella por medio de la destilacion

ó evaporacion los cuerpos estraños, como son ciertas arenas y ciertos sales.

95. ASERCION. *El agua parece tener una Fuerza atractiva especial, independiente de la Ley general de atraccion.* Dos experiencias bastarán para acreditar la verdad de esta asercion.

96. EXPERIENCIA I. Despues de haber mojado en el agua un Trozo de pinavete, cuélguesele con un hilo del brazo de una balanza pequeña, y póngase en equilibrio con un peso opuesto. Aproxîmese despues por debaxo un vaso lleno de agua, de suerte que la superficie del agua llegue á tocar la extremidad de este trozo de pinavete.

Se observará en primer lugar que el Pinavete se unde en el agua, y que léxos de hacerse mas ligero segun las Leyes comunes de la Hidrostática se hace al contrario mas pesado que el peso con quien estaba antes en equilibrio. M. Taillor que fué el primero que hizo esta experiencia tuvo necesidad de una fuerza ó de un peso de cinquenta granos para restablecer el equilibrio.

Se observará en segundo lugar que levantando lentamente este trozo de pinavete, el agua se eleva con él hasta una altura considerable, y forma entre el resto del agua y la extremidad del pinavete una pequeña columna que queda suspensa.

Estos mismos dos efectos se verifican mas ó ménos sensiblemente quando en lugar del pinavete se usa de otro cuerpo sólido como de encina, hierro, plata &c.

EXPLICACION. ¿A que fuerza se podrán atribuir estos dos efectos, estos dos fenómenos sino es á una *Atraccion especial* entre los elementos del agua de una parte, y los elementos del pinavete ó del agua embebida en él de otra?

I. La *Materia vortiginosa* de los Cartesianos, ésta brillante Chîmera que envuelve en sí mil contradicciones, y que en otro lugar destruirémos enteramente, es insuficiente para dar razon de los dos efectos que nos presenta esta experiencia.

Es evidente en primer lugar que la Materia vortiginosa no puede elevar el agua en columna hácia la extremidad del pinavete levantado. Siendo esta materia segun los discípulos de Descartes la causa de la pesantez, era necesario que tuviese á un mismo tiempo una tendencia especial hácia abaxo para producir la pesantez, y una tendencia especial hácia arriba para producir esta elevacion de la columna de agua.

No es ménos claro que la Materia vortiginosa no puede contribuir á un mismo tiempo á undir el pinavete en el agua, y á elevar el agua sobre su superficie á medida que el pinavete se unde; pues para producir este doble efecto lo mismo que para producir el anterior, seria necesaria una doble accion contraria, y una virtud de elevar y baxar á un mismo tiempo una misma cosa.

II. La *Atraccion general* proporcional á las masas y en razon inversa de los quadrados de las distancias no puede producir en dos cuerpos próxîmos á la superficie de la tierra movimiento alguno sensible que los lleve uno hácia otro, como consta de la Teoría misma de la Atraccion, y confiesan todos los Neutonianos. Luego si la Atraccion tiene alguna influencia como no se puede dudar que la tenga en los dos fenómenos de que tratamos, es constante que esta atraccion debe ser *una Ley especial* relativa á las diferentes especies de elementos en el punto ó muy cerca del punto del contacto.

El célebre Abate Sigorgne sublime y profundo intérprete del gran Neuton reconoce con él, que la Atraccion en razon directa de las masas é inversa del quadrado de las distancias no basta para explicar una multitud de fenómenos de la Naturaleza. Y así supone para dar razon de estos fenómenos por medio de la atraccion Neutoniana que esta causa primitiva de la Naturaleza obra respecto de todos los cuerpos indistintamente en razon inversa de los *Quadrados de las distancias* quando la distancia es notable, y en razon inversa de los *Cubos de las distancias* quando la distancia es infinitamente pequeña.

Pero como eſte aumento de fuerza en la Atraccion general aun en eſte Siſtema obra igualmente en toda especie de cuerpos, no se pueden explicar en él los diverſos fenómenos de afinidad ó de atraccion especial que la Naturaleza nos preſenta, para lo qual únicamente ſeria neceſario ſemejante aumento.

97. Experiencia II. Una *Gota de agua* echada ſobre un plano orizontal de mármol, cobre ó madera barnizada, en lugar de extenderſe ſobre la ſuperficie poniéndoſe á nivel como hacen todos los Líquidos, toman una figura casi esférica. (*Fig.* 5.)

Explicacion. ¿De donde la puede venir á eſta gota de agua la figura esférica que toma, sino es de la atraccion especial de ſus partes integrantes entre sí en fuerza de la qual se ſubstrae á la ley general de la Hidroſtática, en virtud de la que los Líquidos tienen á nivel ſus ſuperficies ſuperiores?

La presion del ayre ó de la materia ſutil no puede influir nada en eſte fenómeno; porque se ſabe que estos fluidos obran neceſariamente con fuerzas iguales hácia todas partes, y si en virtud de alguna de eſtas fuerzas las presiones laterales *m d*, *n b*, fueran deſtruidas por las presiones verticales *c a*; todas las partes integrantes de eſta gota de agua debian quedar reducidas á su simple accion particular, en virtud de la qual los elementos *d b c* deberian precipitarſe hácia *r s*, y tomar todos una ſuperficie á nivel, sino tuvieran mas accion que la de su *Tendencia general* hácia el centro de la Tierra.

Ahora pues ellos tienen una *Tendencia particular* hácia el centro *x* de la gota que forman: luego eſta tendencia particular hácia eſte centro *x* debe tener por cauſa una *Atraccion especial* entre eſtos elementos.

De eſta misma cauſa proviene la figura esférica que toman las gotas de lluvia y de rocío; y de la misma reſulta tambien el fenómeno de dos gotas de agua contigüas que se transforman en una ſola un poco ménos esférica.

98. Nota I. Las pequeñas *Porciones de mercurio* to-

man una figura mas perfectamente esférica que las gotas de agua, sea porque siendo el mercurio casi catorce veces mas denso que el agua tiene bastante mas atraccion especial á proporcion del mayor número y contigüidad de sus elementos, sea porque teniendo el mercurio ménos afinidad que el agua con los cuerpos que le sostienen, la accion atractiva es menos destruida en él que en el agua por la atraccion opuesta de las substancias sobre que está.

99. NOTA II. Un *Pie cúbico de agua* echado lentamente y gota á gota encima de una tabla orizontal ó en un baño largo no toma ni debe tomar como la gota de agua sola una figura esférica. La razon de esta diferiencia es la siguiente: (*Fig.* 5.)

I. Cada elemento *a b c d* de una gota de agua tiene dos atracciones: la una de tendencia ó gravitacion hácia el centro de la tierra, la otra de tendencia hácia los elementos contigüos ó próxîmos.

En virtud de la primera atraccion, efecto de la *Ley general*, todos los elementos de esta gota de agua tiran á ponerse á igual distancia *r s* del centro de la tierra. En virtud de la segunda atraccion, efecto de la *Ley especial* estos mismos elementos tiran á ponerse unos cerca de otros á igual distancia del centro comun *x* de la gota.

La primera atraccion lucha contra la segunda y tira á destruirla. Pero como la primera atraccion siempre proporcional á las masas es muy poco considerable en una gota muy pequeña de agua, es vencida con bastante exceso por la segunda atraccion que está en toda su fuerza á causa de la muy grande proxîmidad de todas las partes atractivas.

Esta *segunda Atraccion* que tira á hacer tomar á todas las moléculas del agua una figura esférica consigue pues mas ó menos su efecto, y la gota de agua es mas ó menos perfectamente esférica.

II. Si se suponen ahora en *m* y *n* dos nuevas gotas de agua, estas dos gotas de agua en virtud de su atraccion propia atraerán la una al elemento *d* hácia *m*, y la otra al elemento *b* hácia *n*.

La tendencia de los elementos *d* y *b* hácia el centro de la gota *a b c d* se dividirá pues y disminuirá ; y los elementos *c* en virtud de su gravitacion que no tiene ya el mismo obſtáculo se precipitarán hácia la superficie inferior *m n*.

Y asi un gran volúmen de agua no debe tomar una figura esférica, porque en un gran volúmen de agua la gravitacion comun proporcional á la maſa deſtruye enteramente y vence la *Atraccion especial* de las diferentes gotas de agua entre sí.

Como las gotas diſtantes *m* y *n* no pueden tener una contigüidad inmediata entre sí, y la *Atraccion especial* depende de la contigüidad ó á lo menos de la muy grande proxîmidad de los cuerpos entre sí, la fuerza atractiva de las gotas de agua entre sí no crece ni debe crecer proporcionalmente á la maſa de agua, y por eſto en una gran maſa de agua la gravitacion general que lucha contra la atraccion particular debe á cauſa de su mayor fuerza deſtruir ſensiblemente todo su efecto.

Lo mismo y por las mismas razones ſucede en un volúmen grande de Azogue ó de qualquier otro Líquido.

100. Nota III. Eſta *Atraccion especial* es proporcional á las maſas atractivas ſegun que eſtán contigüas, y no ſegun que no lo eſtán; la razon es porque eſta fuerza atractiva depende de la contigüidad.

Así el trozo de Pinavete de la primera experiencia precedente ſerá atraido por una fuerza como uno si le toca el agua por una ſuperficie como uno. Será atraido por una fuerza como 10, si le toca por una ſuperficie diez veces mayor.

Pero la parte de eſta maſa de agua que no toca al pinavete, por mas anchura ó profundidad que tenga no exerce *Virtud alguna atractiva* ſobre el Pinavete, porque la falta la condicion de que depende su accion que es la contigüidad ó muy grande proxîmidad.

PRUEBA SEGUNDA.

FENOMENOS DE LAS DISOLUCIONES CHIMICAS.

101. Definicion. La *Disolucion de los cuerpos* es una operacion por la qual las partes integrantes de un cuerpo se unen y combinan con las partes integrantes de otro de diferente naturaleza, de ſuerte que de eſta union y combinacion reſulta un *nuevo Compuesto* que participa de la naturaleza de los dos cuerpos diſueltos uno por otro.

I. Se ve por eſta definicion que la simple division ó ſeparacion de las partes integrantes de un cuerpo no es diſolucion. El oro liqüado por la accion del fuego está fundido y no diſuelto. Para que el oro eſté diſuelto es neceſario que ſus partes integrantes se combinen con las partes integrantes de otro cuerpo, como con el mercurio ó el agua regia.

II. En una Diſolucion chîmica aunque los dos cuerpos de que reſulta el compueſto contribuyan recíprocamente á efectuar la diſolucion, se llama *Disolvente* el cuerpo cuyas partes integrantes eſtán ya desunidas y fluidas antes de la diſolucion; y *Disuelto* el cuerpo cuyas partes no se desunen sino por el acto mismo de la diſolucion ó combinacion de los dos cuerpos.

DISOLUCION DE LAS SALES.

102. Descripcion. Las propiedades eſenciales y caracteríſticas de qualquiera ſubſtancia que se deba de tener por ſalina, ſon tener ſabor, ſer diſoluble en el agua, y tener una peſantez y fixeza medias entre las del agua, y las de la tierra pura. Tales ſon las propiedades de la ſal comun y el azucar.

Entre la multitud casi infinita de cuerpos en que se descubren *Propiedades salinas*, se ha advertido que muchos de ellos eſtan compueſtos de una ſubſtancia ſalina por

por sí misma, y de una ú otras muchas ſubſtancias que por sí mismas no ſon ſalinas.

Eſta Obſervacion ha sido sin duda la que ha dado motivo al mas célebre y profundo Chímico, al famoſo Sthal de ſospechar que no hay en la Naturaleza mas que *un Principio salino* que se modifica de infinitos modos diferentes mezclándoſe con una multitud de ſubstancias no ſalinas; que eſte único principio ſalino es el *Accido vitriólico*, el mas activo é inalterable de todos los principios ſalinos; y que eſte Accido vitriólico no es él mismo mas que una combinacion de un principio aqueo y un principio terreo unidos entre sí.

103. Experiencia. Llénenſe tres vaſos de vidrio de agua pura de fuente haſta casi dos tercios de su capacidad. Echeſe ſal comun en el primero, azucar en el ſegundo, y ſalitre en el tercero.

Efectos. El agua divide y diſuelve eſtas tres especies de ſales en partículas tan tenues é imperceptibles que no ſe las puede diſtinguir aun con el mejor microscopio, de ſuerte que si despues de que eſtas tres especies de ſales se han mezclado con el agua, lo que se percibe al guſto, se pone baxo la lente de un microscopio una gota ſacada de qualquiera de eſtos tres vaſos, no se ve mas que un licor.

I. El agua disuelve y mantiene diſuelta una quantidad de ſal comun, igual poco mas ó menos á la quarta parte de su peſo, despues de lo qual se acaba su accion, y la nueva sal comun que se echa queda en el fondo en maſa concreta, y no se diſuelve. Eſte es el *Punto de saturacion*. El agua hirviendo no diſuelve mayor cantidad de ſal que la fria.

II. El agua diſuelve y mantiene diſuelta una quantidad mayor de azucar, y asi llega con mas dificultad al punto de ſaturacion quando disuelve el azucar, que quando disuelve la ſal comun.

III. El agua fria disuelve una cantidad determinada de ſalitre, despues de lo qual llega al punto de Saturacion, y no disuelve ya mas. El agua hirviendo disuelve

una quantidad incomparablemente mayor de ſalitre, despues de lo que llega en fin al nuevo Punto de Saturacion en que dexa de diſolver lo demas.

IV. El agua saturada de sal comun eſtá todavia en eſtado de disolver una quantidad ó una porcion mas ó menos grande de diferentes ſales como de azucar y de ſalitre, y asi aun despues de agotada su accion respecto de la ſal comun conſerva una fuerza real para diſolver otras varias ſales.

104. Asercion. *El Fenómeno de la Disolucion de las sales parece depender únicamente de la ley de afinidad ó de atraccion especial entre el agua y las sales.*

Demostracion. La sal comun que nos puede servir de exemplo general, siendo mas pesada que el agua se precipita al principio en masa y forma concreta al fondo del vaso en que eſtá contenida el agua. ¿Porque ſube despues por toda la maſa del agua haſta la superficie mas elevada? Se ve de luego á luego que se trata aqui de un gran fenómeno que se verifica en las dos terceras partes de la superficie de nueſtro Globo, pues las dos terceras partes de su superficie eſtán cubiertas del agua ſalada del mar.

I. Eſta ſal pueſta en el fondo del vaso no es diſuelta y elevada por la accion de una *Materia vortiginosa.* ¿Siendo eſta ſegun los Cartesianos cauſa de la dureza y peſantez de los cuerpos como podria ſer á un mismo tiempo cauſa de la division y elevacion de eſtos mismos cuerpos? Decir que eſta cauſa fabuloſa podia á un mismo tiempo hacer uno y otro, ſeria atribuirla dos virtudes diametralmente opueſtas.

II. Eſta ſal no es diſuelta y exâltada en virtud de la *Atraccion general* comun á todos los cuerpos indiſtintamente; porque qualquiera fuerza atractiva que se ſuponga entre el agua y la ſal en el punto del contacto, como eſta atraccion obra indiferentemente en todos los cuerpos no puede tirar á otra coſa que á unirlos mas fuertemente entre si indiſtintamente, y asi no debe de hacer otra coſa que unir el agua con la ſal á quien toca, en lugar

de desunir y dispersar las moléculas de sal por toda la masa del agua.

III. Esta sal no es disuelta y exâltada por sola la *accion del fuego* ó del calor, pues un termómetro metido en agua de fuente no sube quando se pone á disolver sal en ella. Y asi la accion del calor que no disuelve la sal fuera del agua, no la disuelve tampoco dentro de ella supuesto que no se aumenta.

IV. Esta sal no es disuelta y exâltada por el peso y *Gravitacion del agua.* ¿En primer lugar como el peso y gravitacion del agua causaria la *Separacion de las moléculas de la Sal?* Quieren algunos figurarse los elementos del agua como otras tantas cuñecitas que penetran por entre los elementos del cuerpo que dividen. Pero para hacer esto necesitan una fuerza impulsiva ó atractiva que les impela con violencia contra los elementos que van á dividir. ¿Y esta fuerza que otra cosa puede ser que la fuerza de atraccion especial entre las cuñecitas aqueas y las moléculas de sal que dividen? El peso del agua superior lucha igualmente contra las moléculas que han de ser divididas, que contra las cuñecitas que las han de dividir: luego este peso del agua es una fuerza nula relativamente á la disolucion de la sal.

Por otra parte este peso del agua ó qualquiera otra virtud general que se quiera imaginar en ella deberia causar la separacion de las moléculas de un trozo de cera que es un cuerpo mas blando, mas bien y con mas facilidad que de las de un pedazo de sal cristalizada que es un cuerpo bastante mas duro; lo que es enteramente contrario á la experiencia.

¿Ademas como la gravitacion del agua podria causar la *Exâltacion de las moléculas de la sal?* En vano se supondria para explicar este ascenso, que las moléculas de la sal estan divididas en partículas inmensamente atenuadas porque siendo estas partículas partes integrantes de un cuerpo mas denso y mas pesado que el agua, deben conservar un exceso de pesantez respecto del agua, á menos que no sean divididas en partículas mucho mas

pequeñas que las moléculas primitivas del agua. ¿Pero como el agua podria dividir las moléculas de la ſal en partículas mas pequeñas que ſus moléculas?

Eſto es es imposible, porque es evidente que las moléculas de agua no pueden dividir un cuerpo sino introduciendo ſus partes unidas por los poros del cuerpo que han de dividir; y lo es igualmente, que las moléculas de agua no pueden introducirſe por entre las partes de una molécula de Sal que no fueſe mayor que ellas, pues eſta molécula de Sal no puede tener poros capaces de dar entrada á las moléculas del agua que deberian ſer mas grandes ó tan grandes como ella misma.

105. Resultado. Parece pues que *una masa de Sal puesta en el fondo del agua no puede ser disuelta y exâltada en partículas imperceptibles sino en fuerza de la Atraccion ó Afinidad que tienen entre sí los elementos del Agua y de la Sal.*

I. La Sal precipitada al principio al fondo del agua atrae el agua contigüa y es atraida por ella. El agua contigüa á la Sal en virtud de su fuerza atractiva especial respecto de la Sal se introduce con violencia en ſus poros, divide y deſune ſus pequeñas moléculas, y se carga y ſatura de ſus partículas divididas y ſeparadas de la maſa.

II. La capa de agua próxîma á eſta que eſtá ya cargada y ſaturada de partículas ſalinas, exerce á su vez toda su accion atractiva ſobre las moléculas ſalinas atraidas y exâltadas por la capa inferior. Se carga pues de partículas de Sal, y deſpojando de ellas á la capa contigua á la Sal la vuelve toda su fuerza atractiva y la pone en eſtado de continuar en atraer y dividir la maſa de la Sal.

III. Las capas de agua cargadas de moléculas ſalinas ſon pues continuamente despojadas de su Sal por las capas ſuperiores de agua que todavia no han perdido nada de su *Fuerza de Afinidad* ó de atraccion con la Sal, y quienes de consiguiente obran con toda su fuerza contra las moléculas ſalinas de la capa de agua que eſtá próxîma á ellas, la qual ha perdido ya una parte de su fuerza atractiva proporcional á la quantidad de Sal que ha abſorvido.

IV. Y asi la capa de agua contigua á la masa de Sal que ha de disolverse, despojada sin cesar de la Sal que atrae y restituida continuamente digámoslo asi á su ansia por la Sal que toca, continua en dividir y absorver las moléculas de esta Sal, hasta que toda la masa del agua esté plenamente saturada. (L. Q. P. D.)

106. Nota I. Quando el Agua ha atraido y absorvido toda la quantidad de Sal que apetece, y de consiguiente ha empleado y consumido toda su fuerza atractiva, el resto de la Sal queda en masa en el fondo del vaso, y no se disuelve ya á menos que no se eche en una quantidad nueva de Agua que sea suficiente para acabar de disolver toda la porcion de Sal.

La Sal no muda de naturaleza por su disolucion en el Agua; cada una de sus moléculas unida á una ó muchas moléculas de agua conserva la misma Naturaleza de Sal que tenia en la masa total.

La Sal es pues dividida en esta operacion sin ser descompuesta: es partida en sus partes integrantes sin que padezca alteracion alguna en sus partes constituyentes. (7)

107. Nota II. La agua saturada de Sal y separada del resto de la masa que no ha podido disolver, mantiene adherente á sus moléculas toda la Sal de que se ha cargado.

Pero si esta agua llega á evaporarse á medida de que se disminuye la quantidad de agua, la Sal de que estaba saturada la parte de agua que acaba de evaporarse se cristaliza y precipita al fondo del vaso en masas pequeñas semejantes y regulares. Y quando la evaporacion se ha acabado enteramente, se halla en el fondo del vaso en que estaba el agua toda la Sal que tenia en disolucion, amontonada en pequeños *Cristales semejantes y regulares.*

108. Nota III. El Agua hace igualmente el oficio de *Disolvente* respecto de otros muchos cuerpos: es decir que los penetra, aparta y separa sus partes integrantes cuya union y nudo disuelve por lo comun. Asi es como divide las tierras, las sales y sucos de las plantas: se carga de sus partículas divididas y las mantiene separadas

mientras conserva una fuerza suficiente para impedir que se vuelvan á juntar.

Esta propiedad del Agua, que la accion del Ayre y del Fuego puede aumentar considerablemente en muchísimas circunstancias tiene freqüentemente por causa principal y fundamental la Afinidad ó Atraccion que hay entre el Agua y las substancias que penetra. Siendo el Agua atraida por estas sustancias y atrayéndolas á ellas por su parte, se concibe fácilmente como se insinua entre sus elementos mientras que su fuerza atractiva no es impedida por otra superior; y como les mantiene disueltos mientras que su fuerza no está sobrecargada y consumida.

109. Nota IV. A causa de esta virtud atractiva y disolvente el Agua casi nunca está pura, sino que en fuerza de ella tiene en disolucion algunas substancias estrañas á su Naturaleza.

I. Pasando por entre las masas de Sal que hay en el seno de la Tierra, las disuelve sucesivamente, se carga de sus moléculas y forma *Fuentes saladas.*

II. Pasando por la superficie y el interior de la Tierra, el Agua separa y agarra partículas terreas, yesosas, selenitosas, y forma *Aguas duras ó Aguas crudas.*

III. Filtrándose por entre diferentes metales, desune de ellos mas ó ménos partículas espirituosas, sulfureas, salinas y metálicas que mantiene en disolucion, y forma *Fuentes minerales* que tienen diferentes virtudes segun los diferentes principios que contienen.

OTRAS ESPECIES DE DISOLUCIONES.

110. Asercion. *Las demas especies de Disoluciones parecen resultar igualmente que la de las sales de sola la Ley de Atraccion especial ó de afinidad entre las partes integrantes de los cuerpos que se disuelven.*

Probarémos esta Asercion por la simple explicacion de algunas experiencias sensibles y decisivas, cuyos fenómenos nacen de la misma causa modificada de diversas maneras.

111. Experiencia I. Póngase en un vaso una moneda de cobre muy pequeña, y échese en él como una onza de *Agua fuerte*, que no es otra cosa que el accido de nitro separado de su alkali.

Efectos. Al instante se produce en el vaso una efervescencia y borbollamiento sensibles, el licor se insinua con violencia por los poros del cobre, divide y exâlta sus partes; el agua se calienta y eleva en vapor verdadero, y al fin toda la pieza de moneda desaparece, y sus moléculas divididas se hallan en disolucion en la masa de agua fuerte á quien dan color.

El agua fuerte obra casi los mismos efectos de disolucion en el hierro, el plomo y todos los metales excepto el oro y la platina en quienes no hace nada. Si con la moneda de cobre se pone en el vaso de quien vamos hablando una piececita de oro, el Disolvente ó el agua fuerte disuelve el cobre en los términos que hemos dicho, pero no toca al oro.

112. Explicacion. Los elementos del *Agua fuerte* que nos podemos figurar como otros tantos cuchillitos ó cuñitas muy agudas son impelidos con violencia por entre los poros de las moléculas superficiales del cobre, las quales se apartan sucesivamente de la masa para unirse con las moléculas del licor que las toca, rodea, divide y absuerve.

I. ¿A que causa se puede atribuir esta accion impetuosa que desune partes tan adherentes, sino es á la *Atraccion especial* que hay entre los elementos de cobre y los del áccido nitroso, la qual moviendo con violencia estos elementos unos contra otros produce mediante el choque mutuo de sus partes un calor muy real y muy sensible en estas dos substancias?

II. Por ninguna otra causa se puede dar razon de estos fenómenos, como seria fácil hacer ver exponiendo otra vez la insuficiencia de la Materia vortiginosa de la Atraccion general de la accion del ayre y de la del calor que en este caso mas bien es efecto que causa. Luego es muy verosímil que la causa que asignamos, á

ſaber la Atraccion eſpecial, ſea la verdadera cauſa de eſtos fenómenos. (L. Q. P. D.)

113. Experiencia II. Póngaſe en otro vaſo una pieza pequeña ó algunas hojitas de oro y écheſe en él como una media onza de *Agua regia* que no es mas que una mezcla de accido nitroſo y de accido marino.

Efectos. Las moléculas de Agua regia como otros tantos cuchillitos penetran con violencia por entre los poros del oro, dividen ſus elementos, se combinan con ellos, y los mantienen en diſolucion en toda la maſa de Agua regia.

114. Explicacion. La cauſa de eſta Diſolucion del oro por el Agua regia no puede ſer otra que la *Atraccion especial* entre los elementos del oro y los del Agua regia.

Siendo todas las demas cauſas patentemente inadmisibles en la explicacion de eſte fenómeno igualmente que en todas las otras Diſoluciones Chîmicas, es muy verosímil que la que asignamos ſea la verdadera cauſa fisica.

115. Nota. ¿Pero porque el Agua fuerte que diſuelve la plata no diſuelve tambien el oro? ¿Porque al contrario el Agua regia que diſuelve el oro no diſuelve la plata? ¿Que mutacion puede cauſar reſpecto de eſtos dos fenómenos la mezcla del accido nitroſo con el accido marino? (111. y 113.)

116. Explicacion I. Algunos Físicos para dar razon de eſtos dos fenómenos han recurrido á una diversidad de poros en eſtos dos metales, ſuponiéndolos accesibles á las moléculas de *Agua fuerte* en la plata, é inaccesibles á las miſmas en el oro, y al contrario accesibles á las moléculas de *Agua regia* en el oro, é inaccebles en la plata. Mala explicacion por qualquier lado que se la mire, porque

I. Suponiendo efectiva eſta diferiencia de poros se concibe ácaſo como los poros del oro inaccesibles á las moléculas del accido nitroſo se hacen accesibles á eſtas miſmas moléculas quando eſtan unidas y combinadas

das con otras que no deſtruyen en nada su Naturaleza?

Eſto á mi parecer es decir que una eſpada no puede entrar deſnuda por una abertura dada, pero que eſta miſma eſpada podrá entrar en ella si eſtá metida en la bayna ó en otro cuerpo que no altere su maſa y su figura. La paridad es bien clara, porque en las Diſoluciones Chîmicas las partes integrantes de los cuerpos diſueltos conſervan su naturaleza primitiva, y de consiguiente la miſma figura y maſa que tenian antes de su diſolucion.

II. ¿Si se pretende que la Diſolucion cauſe mayor division y pequeñez en las partes que se unen y combinan, se puede acaſo concebir como los poros de la plata accesibles á las *Moléculas del Accido nitroso* se hacen inaccesibles á las miſmas moléculas, deſpues que eſtas han sido atenuadas por su combinacion con el accido marino del qual pueden deſunirſe para introducirſe en eſtos poros?

III. ¿Suponiendo la division, los poros y las figuras en los términos que se quieran en eſtos dos metales que se diſuelven, quien podrá concebir *sin la Ley de Afinidad y de Atraccion*, como un líquido que debería eſtar quieto é inmóvil se mueve é insinua con violencia en los poros y por entre las partes sólidamente adherentes de eſtos metales; como eſtas partes ſólidamente adherentes se ſeparan unas de otras, se diſperſan hácia todos lados por toda la maſa del Diſolvente, y van á unirſe con todas las moléculas de eſte Diſolvente haſta que ha llegado al punto de ſaturacion? Luego eſta explicacion carece de todo fundamento.

117. Explicacion II. He aqui otra mucho mas verosímil de la diversidad de eſtos fenómenos.

I. El Accido nitroſo ó el *Agua fuerte* diſuelve la plata y no el oro, porque las moléculas de eſte accido aunque capaces en sí de penetrar por los poros de eſtos dos metales tienen afinidad con las moléculas de plata, y no con las moléculas de oro, y asi deben ſer atraidas por la plata y no por el oro.

II. El Accido nitroſo combinado con el Accido marino ó el *Agua regia* diſuelve el oro y no diſuelve la plata, porque las moléculas del Accido nitroſo combinadas con las del marino forman *nuevos todos* diferentes de los dos principios que les conſtituyen tomados de por sí, los quales *nuevos todos* tienen afinidad con los elementos del oro, y no con los de la plata.

Las moléculas del Accido nitroſo por eſtar combinadas con las del Accido marino no dexan de poder penetrar por los poros de la plata, pues lo harian si se apartaſen del accido marino como lo hacian antes de haberſe mezclado con él.

Pero eſtas moléculas de Accido nitroſo tienen una *Afinidad compueſta* con las del Accido marino, que mata y deſtruye su atraccion con la plata, y cauſa atraccion con el oro; por lo qual deben de dexar de ſer atraidas por la plata, y empezar á ſerlo por el oro.

PRECIPITACIONES CHIMICAS.

118. Definicion. La *Precipitacion Chîmica* es una operacion por la qual dos cuerpos que eſtan en diſolucion se deſunen uno de otro por medio de un tercer cuerpo que tiene la propiedad de unirſe con uno de los dos, y forzar al otro á ſepararſe á medida que él se une.

Llamaſe *Precipitante* el cuerpo que sirve de intermedio para obrar la ſeparacion de los dos que eſtaban unidos.

Se llama *Precipitado* el cuerpo que ſeparándoſe de aquel con que eſtaba unido, no se une al precipitante, y por lo comun se va al fondo del vaſo en que se hace eſta operacion.

I. Es cierto en primer lugar, que *una precipitacion no puede hacerse sino en virtud de una Afinidad del Precipitante bastante mayor que la del Precipitado con la substancia de que se separa este último.* Eſta prodigioſa propiedad que tienen ciertas ſubſtancias de ſeparar de eſte modo otras aunque eſten muy eſtrechamente unidas entre sí

es la verdadera caufa de infinitos fenómenos igualmente interefantes para la Chîmia que para la Física.

Por exemplo. Jamas se hubiera conocido el Accido de fal comun, ni los Accidos de otros muchos fales sin el auxîlio de ciertos Accidos mas poderofos que tienen la virtud de fepararlos de fus Alkalis, que fon como fus cubiertas ó bafes en que eftán naturalmente metidos.

II. Es cierto ademas que *no hay precipitacion Chîmica sin una nueva combinacion del Precipitante con uno de los dos principios que estaban antes unidos y en disolucion.* Si los Chîmicos dan á veces el nombre de Precipitacion á algunas operaciones que carecen de efta condicion fegun ellos mifmos confiefan abufan de efte término.

III. Es cierto en fin que *no se hace Precipitacion alguna sino en materias fluidas*, pues sino lo fueran uno de los dos cuerpos unidos no podria fepararfe del otro para precipitarfe.

Como los cuerpos pueden hacerfe fluidos por el agua ó por el fuego, se diftinguen dos efpecies de Precipitaciones: la una por la *Via húmeda*, y la otra por la *Via seca.*

Se deben referir á la primera ó á la Via húmeda todas las defcomposiciones de fales que tienen la bafe terrea y metálica, las quales se difuelven en agua quando se quiere feparar fus bafes de fus accidos, valiéndofe de un intermedio conveniente.

Se deben referir á la fegunda ó á la via feca todas las feparaciones de metales y otras materias fólidas y fusibles que se hacen fundiendo eftas materias, y mezclándolas con la fubftancia que ha de producir la feparacion de fus partes mezcladas.

119. Experiencia. En un Vafo grande de vidrio échefe una quantidad considerable de agua fuerte bien concentrada, y échefe en ella una pieza muy pequeña de plata. El Agua fuerte la difolverá toda y la mantendrá en difolucion.

Echenfe en efta difolucion de plata algunas hojitas

de cobre. Como el Agua fuerte atrahe al cobre con mas fuerza que á la plata, sucederá que la plata se separará del agua fuerte y precipitará hecha polvos al fondo del vaso, quedando el cobre en disolucion con el agua fuerte.

En esta disolucion de cobre échense limaduras de hierro; como el agua fuerte tiene mas atraccion con el hierro que con el cobre, este último metal se apartará de su disolvente y precipitará al fondo.

En esta disolucion de hierro échese zinc. Obrando el agua fuerte con mas fuerza sobre el zinc que sobre el hierro este se precipitará al fondo dexando su disolvente.

Echense en esta disolucion de zinc ojos de Cangrejo. Despues de haber fermentado de un modo terrible con el agua fuerte los ojos de Cangrejo, la atraherán y serán atraidos por ella, y el zinc abandonado de su disolvente se precipitará al fondo.

Mézclese con esta disolucion de hojas de Cangrejo Espíritu de orina. Se hará una nueva efervescencia causada por la accion de la orina que atraerá á sí con fuerza el agua fuerte, y entonces los hojos de Cangrejo se desunirán de su disolvente y precipitarán al fondo.

Echese en fin en esta última disolucion qualquiera sal alkali fixa. Teniendo esta sal una afinidad muy grande con el agua fuerte sucederá que la sal volátil de orina separándose de su disolvente subirá arriba en fuerza de su levedad.

Todas estas experiencias confirman como se ve, *la Ley de Afinidad* que hemos establecido, de la qual únicamente puede depender su explicacion. Se puede tambien notar con motivo de estas experiencias que la Afinidad no sigue la proporcion de la pesantez ó levedad, pues muchas veces un cuerpo mas pesado es precipitado por otro mas ligero, y al contrario uno mas ligero por otro mas pesado.

PRUEBA TERCERA.

FENÓMENOS DE LAS CRISTALIZACIONES.

120. Definicion. La *Cristalizacion* en general es una operacion mediante la qual las partes integrantes de un cuerpo separadas unas de otras por la interposicion de un fluido son forzadas á juntarse y formar masas de una figura regular y constante.

Esta definicion conviene como es claro, á todos los cuerpos cuyas partes son naturalmente susceptibles de una colocacion regular, ya sea que sus moléculas sean transparentes como las de las sales, cristales, y piedras preciosas, ó ya sean opacas como las de las piedras, piritas, y minerales.

La Cristalizacion de las sales que la Naturaleza presenta á nuestra vista nos hará venir en conocimiento de otras especies de cristalizaciones que nos oculta.

CRISTALIZACION DE LAS SALES.

121. Experiencia. Póngase en un transporta-objetos colocado horizontalmente en tres puntos diferentes tres gotas de agua tomadas de tres vasos en los quales se hayan disuelto con separacion sal marino, azucar, y nitro, y déxese que se evaporen poco á poco. (103.)

Despues de la evaporacion obsérvense con un Microscopio los tres puntos del transporta-objetos en donde estaban las tres gotas evaporadas. Se verán en cada uno de estos tres puntos moléculas de una figura siempre regular, pero diferente segun la diferente naturaleza de las sales que se echáron en la disolucion de que se ha sacado cada gota. La sal marina ó sal comun de que se usa en nuestras mesas forma cubos, el Azucar globitos, el Nitro agujas.

122. Asercion. *El fenómeno de la Cristalizacion de las sales parece provenir únicamente de la Ley de Afinidad, ó*

de Atraccion especial entre los elementos de una mismá sal.

Demostracion. Despues de lo que hemos dicho acerca de la insuficiencia tanto de la *Materia vortiginosa* como de la *Atráccion comun* á todos los cuerpos para explicar otros fenómenos ſemejantes, ſeria muy inútil detenernos á refutar de nuevo la influencia de eſtas dos cauſas en los fenómenos de la criſtalizacion, en los que no pueden ſervir para nada. (104.).

Y asi no es neceſario ahora mas que hacer ver que eſte fenómeno proviene naturalmente de la hipótesis de una *Atraccion especial* cuya posibilidad hemos demoſtrado primero, cuya exîſtencia hemos eſtablecido despues y de la que vamos á hacer aplicacion á los fenómenos de la criſtalizacion asi en general como en particular.

123. Suposiciones. Conſta por lo que hemos dicho de las Afinidades ó Atracciones especiales, que se puede ſuponer con baſtante verosimilitud.

I. Que las partes integrantes de los Cuerpos tienen una *Tendencia natural* unas hácia otras en fuerza de la qual se aproxîman, se unen y adhieren entre sí quando no se les opone ningun obſtáculo.

II. Que en los Cuerpos simples ó poco compueſtos, eſta tendencia natural es *mas manifiesta y sensible* que en los mas compueſtos, lo que hace que los primeros eſten mas dispueſtos á la criſtalizacion que los ſegundos.

III. Que aunque no conozcamos la figura de las moléculas primitivas integrantes de ningun cuerpo, no podemos dudar con todo de que eſtas moléculas tienen cada una su *figura constante* y siempre la miſma, la qual les es tan propia que ningun Agente criado puede hacérſela perder.

IV. Que parece igualmente cierto, que excepto el caſo en que todas las partes integrantes de un Cuerpo ſon abſolutamente iguales y ſemejantes, eſtas partes no tiran á unirſe indiſtintamente por qualquiera lado, sino mas antes por unos que por otros, y es muy verosímil que lo hagan *por aquellos lados* por los que tienen entre sí contacto mas inmediato y mas extenſo.

124. Aplicacion. Es fácil en ſuposicion de eſta Teoría dar razon del fenómeno de la criſtalizacion de las Sales, y probar la Aſercion precedente.

I. A medida de que el Agua se evapora, las moléculas ſalinas que ſon fixas y no volátiles se apartan de ella en la ſuperficie, y no pueden ſer atraidas y abſorvidas por el agua reſtante, la qual ſaturada de ſal como se ſupone no tiene ya fuerza atractiva reſpecto de ellas. (103.)

II. Eſtas moléculas ſalinas ſuperabundantes, cuyo número se aumenta sin ceſar á medida de que el agua continua en evaporarſe, eſparcidas y ſuſpendidas en número inmenſo ſobre la ſuperficie del agua, deben en fin ponerſe tan cerca unas de otras que se encuentren y se toquen.

Entonces en virtud de su *Atraccion mutua* que no tiene obſtáculo alguno, deberán unirſe y pegarſe unas á otras por ſus lados ó puntos mas análogos. De aqui la *Regularidad de las figuras que toman.*

III. Eſtas moléculas unidas y amontonadas en pequeñas maſas regulares, que vemos en la ſuperficie del agua como una pequeña tela se hacen en fin mas peſadas que igual volúmen de agua, y entonces deben baxar muy lentamente al fondo del agua en fuerza de su pequeño exceſo de gravedad, y continuar por la miſma razon que antes en unirſe y adherir unas á otras por ſus lados mas análogos.

De aqui la *Regularidad de las grandes masas de sal* quando la criſtalizacion ſe hace en agua pura y quieta, donde nada hay que impida á la fuerza atractiva de las moléculas ſalinas conſeguir su efecto en toda su perfeccion.

IV. El miſmo mecaniſmo debe verificarſe haſta que se evapore enteramente toda el agua. De aqui la criſtalizacion regular de toda la maſa de sal que eſtaba dividida y eſparcida en toda la maſa del agua. (L. Q. P. D.)

125. Nota I. La ſal aunque se criſtalice no se ſepara de toda el agua con que eſtaba unida en el eſtado de diſolucion, sino que en fuerza de su afinidad con el

agua retiene aun algunas porcioncitas de ella, y las impide que se evaporen. Efta porcion de agua combinada con los criftales de sal hace un mifmo todo con ellos, y no se les puede quitar sin hacerles perder la regularidad de fus figuras, y asi una fal criftalizada es un compuesto de sal y agua. Los Chîmicos llaman á efta agua adherente á los criftales de sal, *Agua de la cristalizacion*.

I. Un grado proporcionado de calor puede hacer perder á la fal criftalizada el agua de la criftalizacion, y en efte cafo la fal pierde la regularidad de fus figuras sin perder su naturaleza efpecífica de fal; de donde se infiere que efta agua de la criftalizacion aunque efencial acafo á la fal criftalizada como criftalizada, no es de efencia de la fal como fal, ó que efta agua de la criftalizacion es *superabundante á su naturaleza salina*.

II. La quantidad de agua de criftalizacion varía mucho fegun la naturaleza de las fales criftalizadas. El nitro y la fal marina folo contienen una quantidad muy pequeña de efta agua: la fal de Glaubero y el vitriolo de Marte contienen una quantidad casi igual á la mitad de su pefo, y aun hay fales que contienen una quantidad dos veces mayor que todo su pefo.

III. Si defpues de haber quitado á una fal criftalizada el agua de su criftalizacion se la expone al aire libre, chupa casi la mifma quantidad de agua que tenia, á caufa de que la Atmosfera terreftre tiene siempre baftantes vapores que la fuerza atractiva de la fal atrae y retiene, como lo hizo en el punto en que cefó la evaporacion que la habia criftalizado. Pero no vuelve á tomar la *Regularidad de sus cristales*, porque las moléculas defordenadas no tienen baftante libertad para volverfe á combinar fegun la afinidad de fus lados mas análogos que tenian quando nadaban en el difolvente.

126. Nota II. Quando el agua que tiene en difolucion una sal qualquiera se evapora tranquilamente y sin agitacion, *la Cristalizacion no empieza sino en el momento en que el agua ha llegado al punto de saturacion*, porque las moléculas falinas que se defunen del agua eva-

po-

porada antes del punto de faturacion fon al inftante atraidas y abforvidas por el agua reftante que conferva aun parte de su fuerza atractiva respecto de efta fal.

Quando una agua faturada de sal se evapora con agitacion violenta como quando eftá puefta al fuego, la fal que refulta no se forma en *Cristales regulares*, porque el tumulto y agitacion de las partes aqüeas y falinas impide que las moléculas falinas se atraigan por fus lados análogos, por lo que la masa falina que refulta de efta operacion debe fer irregular.

127 Nota III. *El agua del Mar* aunque no efté faturada de fal tiene siempre en difolucion una quantidad de fal baftante considerable: en las coftas de Francia es como la trigesima fegunda parte de fu pefo, y asi si se dexan evaporar tranquilamente treinta y dos quintales de agua del mar en un eftanque grande aislado se halla defpues de la evaporacion un quintal de fal en el fondo del eftanque. En el Eftio, en un tiempo cálido y fereno la quantidad de evaporacion es como de una pulgada de altura por toda la fuperficie en el espacio de veinte y quatro horas.

I. Por medio de efte fencillísimo mecanismo forman y criftalizan la fal comun en los dias mas calurofos del Estio en Bretaña, en las Coftas de la Rochela y el Aunis, en Peccais en la Isla de Maguelona en Languedoc. Hay en eftos parages Saladares y Eftanques muy grandes que comunican con las aguas del mar, y se llenan fegun se quiere hafta cierta altura por exemplo de un pie ó de medio. Al cabo de un cierto tiempo feco y calurofo se hace la evaporacion y queda en el fondo del Eftanque un licor espefo y como glutinofo en el qual se encuentran en abundancia criftales de fal marina de todos grandores. Estos criftales se quebrantan despues á palos, se les faca con cribas, y se les tiende en el fuelo para que se fequen y puedan fer trasportados á los Almacenes. La fal facada de efte modo en las Coftas del Occeano y Mediterraneo en Francia es de una *qualidad incomparablemente mejor* que la que se podria facar por el mismo medio en España,

Italia, Inglaterra y Holanda; sea porque los paises mas Septentrionales no tienen bastante calor y los mas Meridionales tienen demasiado para dar á la sal la qualidad conveniente: sea porque las aguas del mar que no tienén en todas partes el mismo grado de saladura y amargura tienen en Francia en las Costas del Occeano y Mediterraneo la qualidad precisa que se necesita para dar una sal perfecta.

II. En Lorena y en el Franco-Condado hay *Fuentes saladas* y aun mas saladas que el agua del mar. Del agua de estas fuentes se saca sal evaporándola por medio del fuego en calderas grandes. Despues de la evaporacion del agua que á veces se ha hecho pasar antes por ciertos Evaporatorios que sirven para quitarla una quantidad considerable de su parte aqüea, y de concentrar su parte salina, la sal que tenia en disolucion queda en el fondo de la caldera en masa irregular, y no cristalizada. Este es el origen de la sal que gastan en Lorena, el Franco-Condado y en la Suiza. (124. y 126.)

CRISTALIZACION DE LOS METALES.

128. Descripcion. Las *Substancias metálicas* forman una clase de cuerpos aparte que se conoce por las propiedades específicas que la distinguen de las otras especies. Estas propiedades específicas comunes á todas las substancias metálicas son principalmente una mayor *Pesantez*, y una mayor *Opacidad*. Un pie cúbico de estaño que es el mas leve de todos los metales pesa 512. libras y $\frac{1}{2}$. al paso que un pie cúbico de mármol no pesa mas que 189. y $\frac{1}{2}$. Siendo pues las substancias metálicas mas densas que los otros cuerpos, deben reflexar mas los rayos de la luz; de aqui su opacidad y brillantez. La brillantez de las substancias metálicas es de pura reflexîon, en lo que se distingue de la de las piedras preciosas que es de reflexîon y refraccion. Las substancias metálicas se dividen en metales perfectos, metales imperfectos, y semi-metales.

I. Llámanse *Metales perfectos* ciertas substancias metálicas que ademas de ser ductiles y maleables permanecen fixas aunque se les exponga al fuego mas largo y violento sin experimentar diminucion alguna sensible en su peso, ni alteracion alguna en su naturaleza, asi como tampoco la experimentan por la accion del aire ó de la humedad. *El Oro*, *la Plata y la Platina* son los tres metales perfectos que se conocen.

II. Se da el nombre de *Metales imperfectos* á ciertas substancias metálicas, que ademas de ser ductiles y maleables quedan fixas y no padecen alteracion alguna, aunque se les exponga al fuego mientras éste no llega á un cierto punto de actividad, pero que si el fuego pasa de cierto punto se descomponen, se exâlan en vapores, pierden su naturaleza primitiva, y se convierten en cal ó en vidrio; ademas el aire y la humedad les hacen contraher un orin que les roe y altera. El *Cobre*, el *Hierro*, el *Estaño*, y el *Plomo* son los quatro metales imperfectos que hay.

III. Por *Semi-metales* entendemos ciertas substancias metálicas que carecen enteramente de fixeza y ductilidad, y que expuestas al fuego pierden sus propiedades metálicas. Los semi-metales tienen todos mas ó menos dureza y fusibilidad, asi como los otros metales, pero son sumamente volátiles y de ningun modo maleables, lo que les distingue asi de los metales perfectos que siendo ductiles y maleables no se exâlan en vapores, como de los imperfectos que conservan su ductilidad y fixeza hasta un cierto grado de calor. Los semi-metales son cinco, el *Antimonio*, el *Bismuth*, el *Zinc*, el *Cobalto*, y el *Arsénico*.

IV. El *Mercurio* ó *Azogue* que tiene las dos propiedades generales y fundamentales de las substancias metálicas parece formar una clase aparte. El tiene pureza y pesantez como los metales perfectos, volatilidad como los imperfectos, pero se distingue de unos y otros por su fusibilidad.

Puesto al fuego se mantiene fixo hasta que éste llega

al grado de calor del agua hirviendo, pero si pasa el fuego de este grado se exâla en vapores, y en fin se calcina si el grado de calor es excesivo y de larga duracion. El mas pequeño grado de calor le hace mantenerse en estado de fluidez, pero se hace solido, ductil y maleable con un grado de frio excesivo que se le da artificialmente por medio de ciertas sales mezcladas con nieve como consta por las experiencias hechas la primera vez en Petersburgo durante el frio excesivo que hizo allí el 25. de Diciembre de 1759, que se han repetido despues muchas veces.

129. Nota I. Las *Partes integrantes de los Metales perfectos* parecen ser indestructibles. La actividad de los Hornos mas ardientes, la mezcla de los disolventes mas activos no han llegado á hacer mas que separar estas partes integrantes unas de otras, sin poder lograr descomponerlas y despojarlas de su naturaleza primitiva. De suerte que despues de haber sido agitadas y atormentadas de mil modos, despues de haber estado mezcladas de diferentes maneras con una infinidad de substancias disolventes, despues de haber pasado por todas las pruebas que se han hecho con ellos por espacio de años enteros y sin interrupcion en Hornos Chîmicos, si se las separa de estas substancias con que se las habia mezclado se ve que conservan la misma naturaleza y forman la misma especie de metal que antes. No está tampoco demostrado que el fuego del Espejo ustorio de la Academia de las Ciencias descomponga las partes integrantes de los metales perfectos. (150.)

130. Nota II. Las *Partes integrantes de los metales imperfectos y semi-metales* son sin disputa alguna destructibles. Con efecto la accion del fuego las convierte en cal y en vidrio haciéndolas perder su naturaleza metálica primitiva; y asi los metales imperfectos y semi-metales son *Mixtos* que descompone el fuego ó cuyas partes constituyentes divide y separa (7.)

Estas *Partes constituyentes* son principalmente el *Flogístico* y la *Tierra elementar*. La tierra elementar despoja-

da y desunida del Flogíſtico ó principio inflamable con quien eſtaba combinada se reduce á arena capaz de ſer convertida en cal y vidrio.

No dexa de ſer probable que los metales perfectos tengan tambien por principales partes conſtituyentes el Flogíſtico y la Tierra elementar, pero de tal ſuerte adherentes entre sí que los hornos mas ardientes no las puedan desunir ni descomponer.

Conſta por muchíſimas obſervaciones que todas las especies de ſubſtancias metálicas se criſtalizan ó toman figuras regulares caracteríſticas de cada una. Vamos á explicar eſta criſtalizacion de las ſubſtancias metálicas juntamente con la de las piedras precioſas.

Cristalizacion de las piedras.

Entre las *Piedras preciosas* nos ceñirémos á dar á conocer el criſtal y el diamante que pueden ſervir de exemplo general de la criſtalizacion en eſta claſe de cuerpos.

131. Descripcion I. El *Cristal natural* ó Criſtal de roca es una piedra dura transparente de figura de un prisma de ſeis lados terminados á cada extremidad por pirámides tambien exâgonas.

132. Descripcion II. *El Diamante* es la piedra mas dura, mas brillante y mas eſtimada de las precioſas. Se la encuentra naturalmente criſtalizada en prismas de ſeis lados terminados á cada extremidad por una punta piramidal de ſeis lados. Hay tambien Diamantes criſtalizados de diferentes modos.

133. Asercion. *El fenómeno de la Cristalizacion de las Piedras preciosas y de los Metales parece nacer únicamente de la ley de afinidad ó de atraccion especial entre sus partes integrantes.*

Demostracion. Supueſta la Teoría que hemos ſeguido y deſenvuelto por menor explicando el fenómeno de la Criſtalizacion de las ſales (123), no tenemos que hacer mas que generalizar eſta Teoría, y aplicarla á todos los géneros de Criſtalizacion posible. Sea pues un Cuerpo

qualquiera, criſtal, metal, diamante ó qualquiera otro que tenga ſus partes integrantes ſeparadas unas de otras por la interposicion de un fluido, por exemplo del agua por quien han sido disueltas, y en el que han eſtado ſuspenſas en un mismo depósito.

I. Es evidente que si una porcion de eſte fluido se disipa y evapora, eſtas partes integrantes se aproxîmarán unas á otras, y disminuyéndose cada vez mas la quantidad del fluido que las aparta llegarán en fin á tocarse y unirſe. Podrán aun juntarſe y unirse en llegando á tal grado de proxîmidad que la tendencia natural que tienen unas hácia otras ſea capaz de hacerlas andar el espacio que las ſepara.

II. Si durante eſta disminucion ſucesiva del fluido tienen tiempo y libertad de juntarse unas á otras por ſus lados mas análogos formarán maſas de una figura constante y siempre ſemejante.

III. Pero si la ſubstraccion del fluido se hace con tanta prontitud que las partes cristalizables que ſepara se hallen próxîmas y en el punto de contacto antes de haber podido tomar unas respecto de otras la posicion á que tiran naturalmente, en tal caſo eſtas partes se juntarán indiſtintamente unas á otras por los lados que les presente el acaso, y asi formarán masas sólidas de una especie determinada, pero no tendrán figura alguna particular y regular. (L. Q. P. D.)

134. Aplicacion. De eſta Teoría asi generalizada nace fácilmente la explicacion de todas las especies de Criſtalizacion.

I. Las figuras regulares del Criſtal de roca, de las varias piedras precioſas, de los spatos, de ciertos staláſticos, de la mayor parte de las pyritas, de muchos minerales y de algunos metales puros se deben atribuir al mecanismo que acabamos de explicar; esto es á la ſeparacion lenta y tranquila del agua que ſuspendia y tenia en diſolucion las partes integrantes de eſtos cuerpos.

II. La formacion de las Perlas en las Oſtras, del *Cálculo* ó la *Piedra* en la Vegiga, de la Bezar en el es-

tómago, en la cabeza, en la vegiga, en la hiel, y en la vegiga de algunos Animales tiene la misma causa y origen.

Algunas arenas ó sales fixas muy finas y muy puras filtradas por las glándulas de la Ostra se depositan en ciertos reservatorios de este pez testaceo donde se unen y colocan libremente segun su tendencia natural no hallando por donde salir con el fluido que las ha conducido.

Igualmente varias arenas ó sales fixas menos puras filtradas por entre la substancia vasculosa de los riñones van á depositarse en la vegiga, y alli se cristalizan sino pueden escaparse con libertad con el fluido que las ha llevado.

No todas las ostras ni todos los hombres experimentan semejantes cristalizaciones porque no todos tienen reservatorios apropósito para que se verifique la salida del fluido sin que salgan con él al mismo tiempo las arenas y sales que tenia en disolucion.

III. Las Congelaciones que se admiran en ciertas Grutas subterráneas tienen tambien el mismo origen. El agua filtrada por entre las tierras y rocas llega gota á gota á la superficie interior de estas grutas cargada de diversas arenas muy finas que tiene en disolucion. A medida de que el agua se va evaporando insensiblemente, las arenas se aproxîman, colocan libremente segun sus lados análogos, y forman Cristalizaciones de diferentes especies segun la diversidad de sus configuraciones. (556.)

IV. Las varias Substancias metálicas tienen tambien sus cristalizaciones propias que nacen del mismo principio. Tal es la famosa *Estrella* del régulo de Antimonio, tales son tambien ciertas ramificaciones reguláres que toman á veces los metales puros como el oro, la plata y el cobre.

Algunos Chîmicos célebres habiendo tenido sucesivamente en fusion los diversos metales con un grado muy grande de calor, y habiéndolos hecho enfriar despues muy poco á poco, han observado que cada subs-

tancia metálica se coloca de una manera regular que la es privativa, y que no puede provenir de otra causa que de la tendencia que tienen las partes integrantes de cada metal á colocarse con esta simetría.

El célebre Reaumur observó que el Antimonio fundido á fuego violento y dexado enfriar con la conveniente lentitud forma siempre la figura de una estrella radiante, efecto natural de la tendencia que tienen sus partes á colocarse de este modo; y todo el misterio de esta Estrella maravillosa ha desaparecido con la luz de una sana Física.

IDEA GENERAL DE LA VITRIFICACION.

135. Observacion. El Vidrio es una composicion que resulta de la mezcla de arena purificada y diversas sales fixas, fundido uno y otro por medio de un fuego muy violento. La arena sola no es fusible, las sales fixas que la Chîmia extrae de minerales y vegetales que son fusibles por sí mismas, la sirven de fundente ó disolvente. Diferentes piedras molidas y purificadas tienen la qualidad de *Arenas*, á quienes se llama tambien tierra elementar. Las *Sales fixas* que por su fixeza no pueden evaporarse y disiparse en la efervescencia, divididas y fundidas por la violencia del fuego se introducen impetuosamente por los poros de la arena á quien penetran y dividen en todas las partes de que consta: de suerte que entre el número inmenso de elementos que componen un grano pequeño de arena casi insensible no habrá acaso un solo átomo que no esté separado del átomo próxîmo por haberse interpuesto un átomo de sal fixa. En este estado de division y mezcla en que cada elemento de arena está unido y pegado á un elemento de sal fixa, el vidrio forma una masa penetrada de un torrente de fuego que la hace blanda y flexîble, capaz de consiguiente de tomar todas las figuras que el Arte la quiere dar, y bajo las quales se endurece y consolida dexándola enfriar lentamente y con las precauciones nece-

ce-

cesarias. Por esta teoría práctica de la Vitrificacion se explican claramente todas las propiedades del Vidrio.

I. El Vidrio es *frágil* porque está compuesto de partículas heterogeneas que teniendo entre sí poca afinidad solo se unen y adhieren por un corto número de ángulos ó puntos poco análogos, y de consiguiente jamas deben adquirir una ligazon y adherencia bastante íntima y muy fuerte.

II. El Vidrio es *transparente*, porque las partículas heterogéneas que le componen estando poco unidas como hemos dicho dexan entre sí infinitos poros ó aberturas que dan tránsito libre á la luz. Estos poros ó aberturas infinitamente multiplicadas presentan hácia todas partes senderos sensiblemente rectos por donde atraviesan con libertad hazecillos ó rayos de luz como infinitamente pequeños.

III. El Vidrio es un *Cristal artificial*, menos duro sin comparacion que el cristal natural ó cristal de roca; porque el cristal natural se forma de elementos homogéneos de tierra elementar, que suspensos en el agua que les divide se unen con libertad por su atraccion mútua aplicándose y pegándose unos á otros por los lados mas extensos y mas análogos, y adquiriendo de consiguiente una adherencia proporcionada al grandor y afinidad de sus superficies unidas. (123.)

Si fuera posible tener fuego bastante violento para fundir y tener largo tiempo en fusion la arena pura ó tierra elementar sin que fuese necesario mezclar las sales ó fundentes de que ahora se usa para que se haga la fusion, es probable que se podrian hacer *Cristales artificiales* cuya hermosura y dureza igualasen á las de los cristales naturales y de varias piedras preciosas que no son mas que cristalizaciones hechas por la Naturaleza misma. La mayor parte de los Cristales que sirven para diversos usos de la vida no son mas que vidrio ó cristales artificiales.

ULTIMA PRUEBA.

OTROS MUCHOS FENÓMENOS.

136. Observacion. En la continuacion de eſta Obra se nos ofrecerán repetidas ocasiones de echar de ver y hacer obſervar la accion é influencia de la *Ley de afinidad* ó atraccion especial en muchos fenómenos de todas claſes que tendrémos que explicar, y que ſeguramente no pueden provenir de la Ley de impulsion ni de la de atraccion general; y asi nos contentarémos aqui con indicar los mas principales, como ſon los siguientes.

I. Los grandes fenómenos de la Dureza y Elaſticidad de los cuerpos parecen depender principalmente de la Ley de Afinidad, como se hará ver en el Tratado siguiente. (221. y 228.)

II. El ascenſo de los Vapores y Exâlaciones en la Atmósfera cauſa de la formacion de todos los Meteoros, parece depender tambien principalmente de la atraccion especial del elemento del ayre con el elemento del fuego y ciertas exâlaciones terreas: ya ſea que eſta afinidad ó atraccion especial no exîja mas que la ſola contiguidad de eſtos ſolos elementos, ya ſea que exîja ademas algun intermedio como la materia ignea ó eléctrica, el qual les disponga á atraerſe mas eficaz y fuertemente formando una afinidad compueſta. (87.)

III. El Mecanismo físico del Reyno animal, del vegetal y mineral parece tambien depender en mucha parte de la misma Ley de afinidad simple ó compueſta, pues las Leyes de impulsion y de atraccion general no parecen ſuficientes para dar razon de todos los fenómenos que se obſervan en eſtos tres Reynos. (533. 542. 556.)

IV. La misma Ley de afinidad parece tambien darſe á conocer en la mayor parte de las experiencias acerca de los colores. ¿Porque v g. la Escarlata abſuerve todas las especies de rayos reflexando ſolamente los rojos, sino porque hay una afinidad compueſta entre eſta tela impregna-

da del intermedio de su tintura, y las especies de rayos que ella absuerve? (708.)

Tanta multitud de fenómenos que no se pueden explicar sino por la Ley de afinidad ha obligado en fin á los Físicos á admitir ademas de la Ley de impulsion y la Ley general de atraccion otra tercera *Ley de afinidad* ó de atraccion especial dependiente del contacto ó de una proxîmidad muy grande de ciertos elementos análogos entre sí.

Algunos Físicos han pasado mas adelante y han creido ver en la Naturaleza ademas de la *Ley de atraccion* de que hemos hablado, una *Ley de repulsion* en virtud de la qual las substancias materiales muy próxîmas al punto del contacto tengan á un mismo tiempo respecto de diversos elementos una fuerza atractiva y una fuerza repulsiva independientes una de otra, y determinada cada una por reglas y leyes particulares. Nos parece que la exîstencia de esta Ley de repulsion no tiene fundamento alguno sólido, y asi procuraremos combatirla en la siguiente asercion.

INUTILIDAD DE UNA LEY DE REPULSION.

137. *No es necesario admitir en la Naturaleza leyes de repulsion.*

DEMOSTRACION. No se deben multiplicar las causas sin necesidad, es decir sin obligarnos á ello la naturaleza de los fenómenos que exîgen evidentemente que se suponga y admita tal multitud de causas: luego si se puede dar razon de los fenomenos sin admitir Leyes de repulsion, se deben desterrar como inútiles y redundantes, como ineptas y fabulosas semejantes Leyes.

Ahora pues se puede dar razon de los fenómenos con que se pretende probar la exîstencia de una fuerza repulsiva con solas las Leyes comunes de la impulsion y de la atraccion, como lo vamos á hacer ver inmediatamente: luego no es necesario admitir en la Naturaleza Leyes de repulsion.

138. Experiencia. Si se exponen al rocío varias muestras de telas diferentes, se advierte que algunas se cargan de rocío en abundancia; otras reciben baſtante menos, y otras nada abſolutamente; de aqui infieren los defenſores de la Ley de repulsion que ſupueſto que el rocío cae igualmente ſobre la Tierra y de consiguiente ſobre todas las mueſtras, es neceſario que haya en ciertas lanas ó en ciertas tinturas una *Fuerza repulsiva* que impida al rocío unirſe y adherir á ciertas telas. El mismo fenómeno se experimenta en los metales expueſtos al rocío, y de él se ſacan las mismas conſeqüencias.

Refutacion. Eſta experiencia prueba la exîſtencia de una Ley *de afinidad* ó de atraccion especial, y no la de una Ley de repulsion.

I. Las telas que se cargan de rocío tienen una afinidad con el agua en virtud de la qual chupan sin ceſar del mismo modo que las ſales los vapores esparcidos en la atmósfera, los retienen y se los hacen adherentes, y asi deben embeber y eſtar cargadas de rocío.

II. Las telas que no cogen rocío carecen de eſta Afinidad con el agua sin duda á cauſa de los colores de que eſtán impregnadas, por consiguiente no chupan los vapores de la atmósfera. Si algunas partículas de rocío caen ſobre ellas á cauſa de su gravitacion, éſtas como no eſtán adherentes á la tela ſon sin ceſar llevadas y disipadas por la agitacion y circulacion del aire, y así estas especies de telas deben eſtar ſensiblemente sin rocío.

Lo mismo se puede decir de los Metales quienes á cauſa de su mayor ó menor liſura, de la mayor ó menor limpieza de ſus ſuperficies eſtán mas ó menos dispueſtos á atraer y pegar á sí el rocío.

139. Experiencia II. En muchas Diſoluciones Chîmicas se ven unas partes aproxîmarſe y otras apartarſe entre sí. De aqui concluyen que hay partes que tienen entre sí atraccion, y otras que tienen repulsion.

Refutacion. Eſta experiencia prueba la exîſtencia de las Leyes de atraccion y de impulsion, y no de la de *Repulsion*.

Dos ſuſtancias que tienen entre sí atraccion especial no pueden unirſe y combinarſe ſegun su afinidad sin mudar de lugar, sin moverſe, sin imprimir de consiguiente su movimiento, cauſado por la tendencia recíproca de las partes análogas unas hácia otras á las partes no análogas que eſtan contiguas á ellas, las quales impelidas por ellas se escapan y huyen. De aqui las aparentes Repulsiones que no ſon mas que un efecto de la impulsion ocasionado por la afinidad de las partes que se atraen.

Los fenómenos de Repulsion que se obſervan en el Magnetismo y la Electricidad tienen por cauſa física la impulsion de una materia afluyente y efluyente como lo ſabe todo el mundo, y asi no prueban la exîſtencia de una Ley de repulsion.

140. Experiencia III. Póngaſe á la luz del ſol un espejo; se verán todos los rayos del ſol reflexar paralelamente entre sí por un ángulo igual al de su incidencia.

Sobre eſte hecho razonan de eſte modo; la ſuperficie plana de eſte espejo exâminada por un microscopio se ve llena de concavidades y elevaciones, y asi no preſenta á los globos infinitamente pequeños ó á los rayos de luz un *Plano perſectamente igual* ó capaz de reflexarlos paralelamente. Deben pues eſtos rayos luminoſos ſer reflexados antes de haber tocado la ſuperficie del espejo, y de consiguiente es neceſario que haya entre eſte espejo y los rayos de la luz una *Fuerza repulsiva* que á una diſtancia infinitamente pequeña reflexe paralelamente estos rayos.

Refutacion. Eſta experiencia que encierra un grande miſterio en materia de Física, eſtá muy lejos de probar la *exîstencia de las Repulsiones.*

Es dificultoſo á la verdad concebir como los rayos de luz reflexan paralelamente dando en una ſuperficie que es para ellos tan poco plana y unida, tan irregularmente cubierta de depresiones y elevaciones como podria ſer la ſuperficie montuoſa de la Tierra para balas de á doce ó veinte y quatro disparadas paralelamente contra ella.

Pero eftá muy lejos de feguirfe de aqui que fea necefario admitir entre el espejo que reflexa y los rayos reflexados una *Virtud repulsiva* que haga refaltar eftos rayos antes que se verifique el contacto, pues aun admitiendo femejante virtud no se explica el fenómeno ni se evita la dificultad que se intenta defatar. Porque fupuefto que las moléculas vitrificadas y lifas que forman la fuperficie fensiblemente plana del espejo tienen entre sí depresiones y elevaciones y como montañas y valles, es evidente que los *Puntos repulsivos* que se les quiere fubstituir fuera del espejo deben caufar la misma desigualdad é irregularidad de reflexîon en los rayos de la luz, pues eftos deben reflexar á diftancias iguales de los elementos del espejo ó de los puntos repulsivos.

Supongamos pues que el *Punto de repulsion* efté á una línea ó á una millonésima de línea de los elementos del espejo. La fuperficie tomada con el penfamiento á efta diftancia de los diverfos puntos del espejo feria una fuperficie tan irregular como la del espejo mismo. Luego efta hipótesis admitiendo una *nueva Ley* en la Naturaleza no defata la antigua dificultad que aun queda en pie enteramente. Luego no debe admitirfe.

Resultado de todo este ultimo parrafo.

141. Corolario. De las varias experiencias que hemos referido y explicado en efte tercer párrafo, refulta que á no querer renunciar á las luces que nos da la experiencia acerca de las caufas físicas, no se puede menos de reconocer que *hay en la Naturaleza Afinidades ó Atracciones especiales entre ciertas substancias.*

Tres fon pues las Caufas primitivas de donde provienen todos los fenómenos de la Naturaleza material, á faber la *Impulsion*, la *Atraccion general*, y la *Afinidad* ó Atraccion particular.

SECCION QUINTA.

HOMOGENEIDAD DE LA MATERIA.

142. Observacion. ¿La Materia es *homogenea* ó *heterogenea*, es decir: es ſemejante ó deſemejante en la naturaleza primitiva de ſus elementos? Grande objeto de disputa entre los Filóſofos. La mas ſana parte decide á favor de la Homogeneidad (*)

I. Los que se declaran por la *Homogeneidad de la Materia* pretenden que los elementos de los cuerpos ſon intrínſecamente de una misma naturaleza, y ſolo se diferencian en la diversidad de ſus maſas y de ſus figuras, asi como un cubo de porcelana de una línea de extension se diferiencia por su maſa de otro cubo tambien de porcelana de dos líneas de extension, y el mismo primer cubo se diſtingue por su figura de un globo, de un cono, de una pirámide, ó de un cilindro hechos de la misma materia de igual ó desigual grandor.

En eſta opinion los elementos del oro, por exemplo ſon en sí mismos y en su ſubſtancia de la misma naturaleza que los de la tierra y no se diſtinguen de ellos sino porque ſus maſas ſon mas ó menos grandes, ó eſtan de diferente modo configuradas. De ſuerte que si se dieſe á los elementos del oro la misma maſa y figura que tienen los elementos de la tierra, eſtos mismos elementos que componen una maſa de oro, compondrian una maſa de tierra sin padecer mutacion alguna intrínſeca en su ſubstancia ni en su naturaleza, y por el contrario si los elementos terreos adquirieſen la misma maſa y figura que tienen los elementos de oro, los mismos elementos que forman

(*) Etimologia. Homogeneo: *ejusdem generis*, de un mismo genero, de *omos* idem y de *genos* genus. Heterogeneo, *alterius generis*, de diferente especie: de *eteros* alter y de *genos* genus.

aora una maſa de tierra, formarian entonces sin alteracion alguna en su ſubſtancia una maſa de oro. Se puede decir lo mismo de los elementos que componen el agua, la piedra, el ayre, la luz y todos los demas cuerpos.

II. Los que eſtan por la *Heterogeneidad de la materia* ſoſtienen que los elementos de los cuerpos ſon deſemejantes no ſolo por su maſa y figura sino tambien por la ſubſtancia que los compone; que los elementos del oro, por exemplo ſon de una maſa ó de una ſubſtancia que no puede componer mas que el oro, de ſuerte que aunque se transformaſe eſta ſubſtancia de oro en moléculas que tuvieſen enteramente la misma figura y maſa que tienen los elementos de la tierra ó del ayre, eſtas moléculas asi transformadas no dexarian de ſer oro, sin poder ſer jamas tierra ó ayre.

La grande antorcha de la Física, que es la experiencia, nos niega enteramente ſus luces en eſta materia; porque la prodigioſa pequeñez de los elementos primitivos de la materia los ſubſtrahe á nueſtras obſervaciones poniéndoles fuera de eſtado de ſer contemplados en sí mismos. No nos queda pues otro medio para decidirnos entre eſtas dos opiniones que la via de las especulaciones y conjeturas á la qual puede recurrir la Física quando la falta la luz de la experiencia.

PROPOSICION I.

143. *No hay prueba alguna de experiencia ó especulacion que acredite la Heterogeneidad de la Materia, y asi es mas simple y razonable no admitir en la Naturaleza mas que una materia Homogenea.*

Demostracion I. No hay á favor de la Heterogeneidad de la Materia prueba ninguna de experiencia: porque es imposible obſervar la naturaleza intrínſeca de los elementos primitivos de la Materia: y las diferiencias de figuras, color, ſabor, volúmen que obſervamos en las maſas que reſultan de eſtos elementos primitivos se concilian con igual facilidad con la Homogeneidad, que con la Heterogeneidad de la Materia.

II.

II. No hay prueba alguna de especulacion á favor de la Heterogeneidad de la Materia, pues la inmutabilidad de los metales perfectos, la variedad del Univerſo, la inmutabilidad de los principales agentes de la Naturaleza que ſon las ſolas pruebas que se alegan á favor de eſta ſentencia ſon muy compatibles con los elementos de una materia Homogenea á quienes el Criador haya dado maſas y figuras diferentes, que en virtud de su órden inmudable no puedan ſer divididas ni decentadas.

III. Conſta por la experiencia y obſervacion que el Autor y Conſervador de la Naturaleza acoſtumbra á obrar por medios igualmente simples que fecundos sin emplear una inepta redundancia de cauſas y principios para lo que baſta una ſola cauſa y un principio, y ſobre eſta obſervacion eſtá fundado eſte Axîoma filoſófico: *En la explicacion de los Fenómenos de la Naturaleza no se deben multiplicar los Principios sin necesidad.* Luego para imitar á la Naturaleza en explicar su modo de obrar y ſus efectos no se deben admitir dos especies de Materia quando baſta una ſola: luego es mas simple y mas conforme á razon no admitir en la Naturaleza mas que una materia Homogenea. (L. Q. P. D .)

PROPOSICION II.

144. *Una Materia simplemente homogenea basta para dar una diversidad inconcevible á los elementos, capaz de explicar la admirable variedad de la Naturaleza visible.*

Demostracion I. Siendo la Materia ſuſceptible de aumento y diminucion al infinito es evidente que el Autor de la Naturaleza con ſolo una materia simple y homogenea puede formar un número qualquiera de elementos que se diferencien *por su masa* ſegun la proporcion Aritmética ó Geométrica que se quiera; de ſuerte que los mas pequeños ſean á los mas grandes, ó como la ſerie creciente de los números naturales 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. &c. ó como los quadrados de eſtos números 1. 4. 9. 16. 25. 36. 49. 64. &c. ó en otras relaciones arbitrarias con proporcion ó sin ella.

II. Teniendo la Materia un número inagotable de partes cada una de las quales puede tener diversa figura, es claro que el Autor de la Naturaleza con una materia homogenea puede formar un número qualquiera de elementos que se diferencien sin término *por su configuracion.* Unos cortados á caras lisas ó escabrosas podrán ser variados entre sí al infinito ya por el número, ya por la figura y grandor de sus caras regulares ó irregulares: otros convexôs ó cóncavos con ramos ó ganchos se podrán tambien diferenciar entre sí al infinito tanto por la multitud como por la disposicion de sus ramos, ganchos y concavidades.

III. Es evidente que de esta *diversidad de Elementos* puede resultar quanta variedad se quiera en los Compuestos que produzca su combinacion.

Por exemplo unos globitos de una masa como infinitamente pequeña serán susceptibles de una velocidad inconcevible, y capaces de pasar con una velocidad prodigiosa por aberturas imperceptibles: tal es acaso la Luz. Unos Elementos cortados en cubos o paralelo-pipedos, uniéndose unos á otros serán capaces de dexar ménos vacíos entre sí, y de formar las masas muy densas: tal podria ser el oro. Unos Elementos esféricos, cónicos, ó cilíndricos muy lisos en sus superficies podrán formar todos sin adherencia fluidos: tal puede ser el agua. Unos Elementos con ramos ó ganchos, escabrosos, convexôs ó cóncavos se unirán ménos intimamente, dexarán entre sí mayores vacíos, y formarán masas ménos densas; tal es acaso la corteza de la mayor parte de los árboles. Una mezcla de estos diversos Elementos susceptible seguramente de una infinidad de combinaciones y gradaciones será suficiente para formar diferentes Mixtos de toda la variedad que se quiera. (*) Luego una Materia

(*) Nota. Se puede ver en nuestro Curso completo de Metafisica á los números 113. y 120. la idea que damos de la naturaleza y configuracion de los Cuerpos, suponiendo que la *materia es intrinsecamente homo-*

simplemente homogenea puede dar una inconcevible diversidad de elementos capaz de explicar la prodigiosa variedad de la Naturaleza visible (L. Q. P. D.)

PROPOSICION III.

145. *Es verosímil que los Elementos de la Materia, homogeneos por su substancia que los confunde, y heterogeneos por sus modificaciones que los diferencian, hayan recibido del Criador masas y figuras que aunque divisibles en sí mismas no puedan ser decentadas ni divididas por ningun Agente criado.*

Demostracion I. Es verosímil que la Materia es homogenea en sí misma y en su naturaleza como se acaba de demostrar (143.) Luego la diversidad de cuerpos que no resulta de la substancia homogenea de sus Elementos debe resultar de las modificaciones heterogeneas de estos elementos. Luego lo que constituye á un Cuerpo en una especie de oro ó plata, por exemplo, mas bien que de tierra ó agua es la figura caracteristica de sus elementos, originada forzosamente ó de la quantidad de su masa, ó de la qualidad de su configuracion, ó de una y otra á un tiempo.

II. Siendo la naturaleza y especie de un Cuerpo, del oro por exemplo, constituida por la masa ó por la configuracion de sus Elementos, ó por uno y otro á un tiempo, se sigue que para mudar y desnaturalizar este cuerpo, bastaría mudar y desnaturalizar la masa ó configuracion de sus Elementos, y de consiguiente que si hay cuerpos que ningun Agente criado pueda mudar ni desnaturalizar, estos cuerpos tienen los Elementos tan íntimamente unidos que no pueden ser decentados ni divididos por ningun Agente criado. Ahora pues es cierto que

mogenea, y que un cuerpo no se distingue de otro por su Materia, sino por la masa y figura de los Elementos que los constituyen.

hay femejantes Cuerpos, y tales fon los metales perfectos, el agua, el aire y la luz.

¡Quanto no ha atormentado la Chîmia á los Metales perfectos sin haber podido confeguir defnaturalizarlos! Luego es verosímil que los *Elementos de los Metales perfectos*, no folamente los que forman fus partes constituyentes, sino tambien los que forman fus partes integrantes deben fer naturalmente indivisibles é indeftructibles.

¡Con que efpantofo choque las Olas del mar acumuladas en montañas, é impelidas por las tempeftades que las atormentan defde el principio de los tiempos, van á eftrellarfe contra las rocas efpumantes que las aprisionan! ¡Con que horrorofos facudimientos la inmenfa Mafa del aire, tan freqüentemente convertida en uracanes furiofos acomete los bofques que defarraiga, las cafas que traftorna, los llanos que tala, y las montañas que parece que conmueve! ¡Con que inconcevible impetuosidad los globos de la luz casi millon y medio de veces mas rápidos que una bala defpedida por un cañon de batir (716.) van á pegar en los varios Cuerpos que la abfuerven ó los reflexan! Ahora pues la experiencia nos hace ver que eftos horrorofos facudimientos que fufren defde el principio del mundo los Elementos del agua, del aire y de la luz no alteran eftas tres fubftancias que quedan siempre las mifmas sin mudar de naturaleza, sin hacerfe de dia en dia mas atenuadas ni sutiles. Luego los Elementos del agua, del ayre y de la luz deben fer naturalmente infecables é indeftructibles.

III. La experiencia nos da motivo para juzgar que hay cuerpos tales como los metales perfectos, el agua, el ayre y la luz, cuyos Elementos no pueden fer naturalmente decentados ni divididos: y no nos da motivo para juzgar que haya cuerpos cuyos Elementos primitivos que forman fus partes conftituyentes, puedan fer naturalmente decentados ni divididos. Luego juzgando por analogía de los elementos en que no podemos hacer experiencias ni obfervaciones por aquellos en que

las hacemos, tenemos baſtante fundamento para penſar que los Elementos de todos los Cuerpos ſon naturalmente inſecables é indeſtructibles.

IV. Si los Elementos qualeſquiera de la Materia no fueran naturalmente inſecables é indeſtructibles, eſtos Elementos cuya diversidad de maſas y figuras forma la variedad de los cuerpos, y cuyos ángulos, eminencias y ſuperficies deberia roer y decentar la continua frotacion que ocasiona la accion permanente de la Naturaleza, deberian á cauſa de la pérdida de eſtos ángulos y puntos eminentes convertirſe todos en elementos mas ó ménos esféricos, lo que terminaria en nada ménos que en destruir en su principio la armonía, variedad y eſtabilidad de la Naturaleza. Luego la experiencia que nos muestra como conſtante é indeſtructible eſta armonía de la Naturaleza, nos da fundamento para concluir que los diverſos Elementos de qualeſquiera cuerpos deben ſer naturalmente inſecables é indeſtructibles, y de consiguiente incapaces de ſer decentados ni divididos por ningun Agente criado. (L. Q. P. D.)

146. Corolario I. Se sigue de aqui que *con todos nuestros exfuerzos para dividir los cuerpos no podrémos conseguir mas que apartar y separar los Elementos contiguos*, sin poder jamas lograr decentar los ángulos ni las maſas de los Elementos primitivos cuyas partes conſtituyentes tienen entre sí una adherencia como infinita, libremente decretada y eſtablecida por el Autor de la Naturaleza para hacer indeſtructibles y permanentes los diferentes Principios de los cuerpos.

La Combuſtion, Putrefaccion y Diſolucion dividen y descomponen las partes integrantes de los Cuerpos pero no alteran las conſtituyentes que quedan siempre las mismas despues de su descomposicion. (7)

147. Corolario II. Se sigue ademas que *tienen pocos conocimientos y poco seso estos pretendidos Chímicos por excelencia, que se ocupan en la grande Obra á que sacrifican su tiempo y facultades en busca de la Piedra Filosofal.*

Explicacion. Ocuparſe en la grande Obra de la Al-

chîmia, ó buscar la *Piedra filosofal* es buscar el arte de convertir los elementos que conſtituyen el cobre, el estaño, el plomo, el azogue ú otros qualesquiera mixtos en elementos de oro, ó plata, arte muy verosimilmente abſurdo y chîmerico en su objeto, ya se atienda á la experiencia, ya se conſulte la razon.

I. Si se atiende á la experiencia parece que se han hecho baſtantes tentativas infelices en eſta materia para que qualquiera tenga ſuficientes fundamentos para deſeſperar de todo buen ſuceſo, y poder definir con propiedad la Alchîmia; *Ars cæca et improba cujus principium vesana cupiditas: medium labor fætidus, finis ridenda egestas.*

¡Si la Chîmia no puede deſtruir ni descomponer el oro y la plata, quanto menos podrá componerlos y formarlos! Es aun baſtante verosímil que la Naturaleza misma en ſus laboratorios ſubterraneos no forma nuevos elementos de oro y plata como lo explicarémos en otro lugar. (553.)

II. Si se conſulta la expeculacion, parece que en qualquiera siſtema verdaderamente filoſófico en que se empiece á discurrir desde el punto fixo de la *Estabilidad de la Naturaleza* ó ya se siga la Sentencia de Zenon, ó ya se adopte la Opinion de Gaſendo, ó ya se decida á favor de la ſentencia baſtante mas verosímil que acabamos de probar, es neceſario en todo caſo admitir una verdadera indestructibilidad en los Elementos primitivos de la Materia (145.)

Si fuera posible hacer tomar á los elementos de otros varios Cuerpos la maſa y configuracion que tienen los elementos de oro, ó de plata, eſtos otros cuerpos se podrian transformar y convertir en oro ó plata. Pero la experiencia de tantos siglos, despues de tantos esfuerzos vanamente reiterados anuncia ſuficientemente que no es dado á los hombres executar ſemejante metamórfosis, y la eſtabilidad de la Naturaleza decretada por el Criador exîge neceſariamente que ſemejante trasformacion ſea abſolutamente imposible á todos los esfuerzos de los Agentes criados; lo que á no ſer asi los Agentes criados alterando los *Elementos primitivos de los Cuerpos* podrian deſtruir la armonía de

la Naturaleza y traſtornar el órden eſtablecido por el Criador.

OBJECIONES Y RESPUESTAS.

148. Objecion I. La principal prueba en que se funda la homogeneidad de la Materia es la abundante y fecunda ſencillez que se ſupone al Autor de la Naturaleza en ſus designios. ¿ Pero acaſo eſtá bien averiguado que el Autor de la Naturaleza obre como se pretende por los medios mas ſencillos y mas generales ? ¿ Se moſtraria acaſo menos rico y grande eſte poderoſo Artifice prodigando los principios, que ahorrándolos para multiplicar y variar los efectos? Por otra parte mas ſencillo era producir el Mundo en un inſtante que en ſeis dias, y con todo el Criador tuvo á bien emplear ſeis dias en vez de un ſolo inſtante en la grande obra de la Creacion. Luego carece de todo fundamento la ſuposicion que se hace de que el Autor de la Naturaleza obra por los medios mas ſencillos y mas generales.

Respuesta I. Nos conſta por la *Razon* que el Autor de la Naturaleza eſencialmente libre en ſus obras no eſtá necesitado á obrar siempre del modo que nos parece á noſotros mas ſencillo, y así reconocemos que puede abſolutamente apartarſe de él quando le agrade por motivos dignos de su Sabiduría.

II. Nos conſta por un medio infalible qual es la *Revelacion*, que le plugo al Criador emplear ſeis dias en vez de un ſolo inſtante en la grande obra de la Creacion, ya ſea para dar mas mageſtad y ſensibilidad á eſte inefable ſuceſo haciéndole de una duracion y extension mas proporcionado á la capacidad de nueſtra imaginacion y nueſtra inteligencia que de eſte modo pueden mejor ſeguirle y admirarle, ya ſea por algun otro motivo mas ſublime y profundo, que atendiendo á su Sabiduria debemos de tener por muy juſto, pero que ha querido ocultarnos.

III. Nos conſta por la *Experiencia* que el Autor de la Naturaleza eſencialmente libre en ſus obras ha preferido para conſervar y perpetuar la Naturaleza los medios mas

ſencillos y fecundos. Asi vemos que una misma Gravitacion atrae á todos los cuerpos hácia ſus centros, y es cauſa de todos los fenómenos que puedan reſultar de aqui; que una misma Elaſticidad pone en movimiento toda la maſa del ayre, y produce quantos efectos pueden provenir de eſto: que un miſmo Fuego elementar afecta á todos los ſeres ſensibles á quienes mueve, aparta ó aproxîma, reune ó divide, conſerva ó deſtruye ſegun la quantidad de su accion.

De donde concluimos que ſupueſto que el Autor de la Naturaleza obra comun y conſtantemente por los medios mas simples y fecundos, y que no hay razon alguna que demueſtre que se ha apartado de eſte modo grande y ſublime de obrar en la produccion de los elementos de la materia, no se deben admitir muchas *especies* diferentes *de materia*, siendo asi que es *suficiente una sola.*

IV. Es cierto que el Autor de la Naturaleza no se moſtraria menos rico prodigando las cauſas y principios sin razon; pero se moſtraria menos sabio, asi como se moſtraria menos ſabio y hábil un Artífice que multiplicaſe los reſortes y ruedas para mover una máquina que no necesitaſe mas que de una ſola.

No se ve que razon pueda haber para emplear constante y perſeverantemente en la Naturaleza una redundancia inútil de cauſas y principios quando una ſola cauſa y principio es neceſario y ſuficiente. Luego la prueba ó razon por medio de la que hemos eſtablecido la Homogeneidad de la Materia es una razon muy filosófica y muy ſólida.

149. Objecion II. ¿Como concebir y perſuadirſe á que un *Cuerpo duro y pesado* qual es el mármol y la encina eſté compueſto de la misma materia que un cuerpo leve y fluido, como ſon el ayre y la luz? ¿Unas propiedades tan diferentes no anuncian con evidencia que eſtos cuerpos eſtan compueſtos de ſubſtancias diferentes?

Respuesta I. El *Aire* aunque parece tan ligero, tiene un peſo real proporcional á la quantidad de ſus moléculas como demoſtrarémos en otro lugar. El Aire que pa-

parece que no resiste quando tiene el paso libre para apartarse ó escapar, muestra sensiblemente su resistencia quando se mete en el agua perpendicularmente y boca abajo una botella grande, dentro de la qual se haya puesto un pequeño trozo de corcho para conocer la elevacion del agua en lo interior de la botella. Esta masa fluida del ayre encerrada entre el agua y lo interior de la botella aunque poco material está efectivamente compuesta de partes sólidas é impenetrables que ocupan exclusivamente un espacio, resisten eficazmente al agua, impidiéndola subir hasta el fondo de la botella, y que aunque por ser flexîbles y elásticas pueden reducirse á un volúmen menor, nunca jamas pueden perder enteramente su volúmen.

Un pie cúbico de ayre no es como ochocientas veces menos pesado y resistente que un pie cúbico de agua, sino á causa de que tiene una quantidad de materia como ochocientas veces menor que el pie cúbico de agua. Luego juntando en el espacio de un pie cúbico ochocientas veces otras tantas moléculas del ayre como encierra un pie cúbico de ayre en su estado regular, se formaria una masa tan densa como el agua, mas densa de consiguiente que el pinavete y la encina que flotan sobre el agua.

II. La *Luz* compuesta de elementos de una pequeñez y velocidad inconcevibles reunida y reconcentrada en un foco por medio de un espejo-ustorio funde el oro, enciende la madera, divide y calcina los cuerpos mas compactos y resistentes. Luego la materia de la luz tiene una masa que multiplicada por su velocidad da una fuerza motriz ó una suma de movimiento. Luego una quantidad considerable de esta materia reunida en un mismo todo y privada de movimiento podria formar una masa sólida, resistente, palpable, impenetrable y pesada como la de los cuerpos mas sensibles.

III. ¿Porque pues esta materia del ayre ó de la luz reunida en quantidad considerable y trasformada en moléculas perfectamente semejantes á las del oro ó del mármol no podria producir los mismos efectos que estos cuer-

pos? Y si la materia del ayre y de la luz por medio de una grande condensacion y de algunas modificaciones puede producir los mismos efectos que produce el oro ó el mármol ¿sobre que fundamento se puede pretender que la materia que compone el ayre ó la luz, el oro ó el mármol se diferencie realmente en estos cuerpos por otra cosa mas que por sus diferentes modificaciones?

IV. Todo el Mundo sabe que el *Diamante* se evapora y volatiliza á un fuego grande sin dexar vestigio alguno de su substancia, como se puede ver por varias experiencias que se refieren en la Gazeta de Francia de 1771. pag. 280. ¿Si se pudiesen ver los elementos del diamante asi volatilizado, se creeria que esta nube infinitamente sutil fuese capaz de formar solo con reunirse un cuerpo tan sólido como el diamante? ¡Que observacion tan poderosa para aquellos á quienes podria aun chocar la idea de una Materia homogenea! se puede decir lo mismo del oro volatilizado por el fuego de un Espejo-ustorio.

150. Objecion III. Una de las principales pruebas que se alegan á favor de la indivisibilidad de los elementos es la inmutabilidad de los metales perfectos. ¿Pero ésta pretendida inmutabilidad no está ya destruida y desmentida por las experiencias referidas en las Memorias de la Academia de las Ciencias á los años 1702 y 1707? He aqui el modo y el resultado de estas Experiencias.

Thschirno ó Thschirnosen Caballero de Lusacia halló hácia fines del siglo pasado el arte de fundir Espejos-ustorios convexôs de tres ó quatro pies de diámetro sin estrias ni pompas de aire. El famoso Duque de Orleans muy amante de las Ciencias y las Artes adquirió uno de estos Espejos maravillosos cuyo uso concedió la Casa de Orleans á la Academia de las Ciencias. Este Espejo puesto al sol en un dia claro y sereno del Estío concentra en un mismo foco una quantidad inmensa de rayos que se reunen aun mas por medio de una pequeña lente, y que asi reunidos adquieren una actividad bastante superior á la de los hornos mas ardientes que se han podido usar hasta ahora.

Si se pone ſobre un carbon un pedacito de oro y se le expone al foco de eſte Espejo-uſtorio, al inſtante eſte oro se funde, hierbe, chispea y ſalta en pequeños globulitos que van á dar á siete ú ocho pulgadas de diſtancia, y que recibidos en un papel preſentan á la viſta un polvo de oro muy fino. Si quando el oro se ha liqüado se aparta un poco del foco del Espejo-uſtorio, una parte de él se evapora en humo pagizo, y otra queda y se convierte en un vidrio cuyo color se parece al del oro, pero cuya peſantez aunque mayor que la del vidrio ordinario es baſtante menor que la del oro. Luego los *elementos del Oro* ſon decentados y desnaturalizados en eſta experiencia. Luego no ſon indivisibles é indeſtructibles.

Respuesta. Eſta Experiencia no prueba nada contra la indivisibilidad de los elementos de la materia por dos razones; la primera, porque no eſtá decidido que ſean los mismos elementos del oro los que se convierten en vidrio: la ſegunda, porque aun quando fueſe conſtante que se convirtieſen, no se ſeguiria de aqui que los elementos del oro han sido decentados y divididos en sí mismos.

I. *No está demostrado que sean los Elementos mismos del oro los que se convierten en vidrio.* Eſte Vidrio puede formarſe por medio de las *Partículas terreas* y *salinas* que el calor hace exâlar del ſeno del carbon y de los cuerpos vecinos que se emplean para la experiencia, ó que esparcidos ya en la maſa del aire se precipitan continuamente con el torrente de aire en la materia hirviendo durante todo el tiempo de la experiencia.

El oro pueſto al foco del Espejo-uſtorio ſalta en partículas mas ſensibles llevadas por un calor mas violento. El oro un poco apartado del mismo foco y expueſto á un fuego menos violento continúa en herbir y ſaltar en partículas mas inſensibles que forman el torrente de humo en que se evapora. Mientras dura la experiencia en que el oro apartado del foco se exâla en humo los elementos de oro se disipan en partículas imperceptibles di-

vididas y llevadas por la accion del fuego sin ser descompuestas ni desnaturalizadas, y en su lugar se substituyen arenas y sales conducidas por el torrente de aire que acumuladas sucesivamente en la materia hirbiendo son vitrificadas por la accion del fuego. (564.)

De aqui proviene la formacion del Vidrio que se halla en lugar del oro despues de la experiencia. Este Vidrio asi formado es mas pesado que el vidrio ordinario porque contiene quantidad considerable de partículas de oro no desnaturalizadas, que las partículas de arena y sal detienen y aprisionan en sus concavidades, y de quien toma el color de oro que le caracteriza. (135.)

Lo que sucede con el oro sucede casi igualmente con la Plata en la misma experiencia. Un pedazo de plata puesto sobre un carbon y expuesto al foco del Espejo-ustorio se derrite, hierbe, chispea y salta en pequeños globecitos: un poco apartada del foco se evapora en humo, y sobre su superficie líquida presenta como un polvo muy menudo vitrificado que se evapora y disipa á medida de que se va formando, y por lo mismo no dexa una masa vitrificada que pueda observarse despues de la experiencia. Es probable que este polvo vitrificado que la vista percibe sobre la superficie de la Plata derretida es el resultado de las arenas y sales que el torrente de aire precipita sin cesar en la materia hirviendo, y la violencia del fuego vitrifica segun van llegando.

¿Pero porque esta materia vitrificada se disipa en la experiencia de la plata quando queda y se forma en masa subsistente en la experiencia del oro? Esta qüestion es totalmente impertinente é indiferente á la presente materia. Se puede sospechar que hay en la materia del oro una afinidad, viscosidad ú otra qualquiera propiedad capaz de retener y fixar las arenas y sales vitrificadas, la qual no se halle igualmente en la plata.

El Espejo-ustorio causa poco mas ó menos los mismos fenómenos en la Platina que es de todos los metales el que refracta mas.

II. *Aun quando fuese cierto que los elementos de oro se convirtiesen en vidrio, no se seguiria de aqui que fuesen decentados y divididos en sí mismos.* En la hipótesis de que la ſubſtancia miſma que compone el oro se convierta en vidrio, los Metales perfectos asi como las otras ſubſtancias metálicas ſon verdaderos Mixtos cuyas dos principales partes conſtituyentes ſerán el flogístico y la tierra elementar. (130.)

La *Tierra elementar* de los metales perfectos ſeparada de su *Flogístico* que se evapora en humo, es reducida á la simple qualidad de tierra, y se hace capaz de ſer vitrificada como la tierra de las otras ſubſtancias metálicas: lo que no anuncia en el oro como ni en el plomo vitrificado mas que una simple descomposicion ó ſeparacion de ſus dos principios conſtitutivos, y la introduccion de varias ſales fixas entre los elementos de su tierra elementar sin alteracion alguna de las moléculas primitivas de eſta tierra.

151. Objecion IV. Todos los dias se inventan nuevas máquinas é inſtrumentos capaces de aumentar la actividad de la Naturaleza. ¿Como se podrá probar que no se inventarán algun dia inſtrumentos y máquinas que descompongan los *Elementos primitivos* de los cuerpos, ó las moléculas primitivas que ſon ſus partes conſtituyentes, y que por su mezcla y combinacion forman ſus partes integrantes? ¿Como se probará que la Chîmia que ſepara y descompone eſtas partes integrantes no llegará algun dia á ſeparar y descomponer las partes conſtituyentes que ſon tambien pequeños Todos compueſtos de una infinidad de partes (62.)? Luego aunque los elementos primitivos de los cuerpos hayan resiſtido haſta ahora á todos los exfuerzos de los Agentes criados, no se sigue que no puedan abſolutamente ſer decentados y divididos por dichos Agentes.

Respuesta. Es verosímil que la accion de la Naturaleza jamas ſerá mas grande que lo que ha sido haſta aqui. Es tambien verosímil que los Agentes criados no inventarán jamas inſtrumentos que excedan en actividad á la de la Naturaleza en los incendios de las ciudades, en las erupciones inflamadas de los volcanes, en los espantoſos fenómenos del rayo y terremotos, en los vio-

lentos y permanentes facudimientos de las olas, de los uracanes y de la luz. Luego es verosímil que la accion de los Agentes criados que hafta ahora ha sido insuficiente para alterar la Naturaleza en los elementos primitivos de que eftá compuefta, no confeguirá jamas efectuar en eftos elementos primitivos una alteracion que terminaria en deftruir la harmonía y eftabilidad de la Naturaleza.

152. Objecion V. Los elementos de los cuerpos se alteran sin cefar, se descomponen y vuelven á componer cada dia: por exemplo, los elementos de la madera se descomponen por la combuftion ó putrefaccion en elementos de tierra, agua, fuego, aire y varias fales. Eftos elementos descompueftos esparcidos en el feno de la Tierra ó de la Atmósfera se vuelven á componer en otros elementos deftinados á formar nuevos cuerpos minerales, vegetales ó animales. Luego la *Indivisibilidad de los Elementos* es diametralmente opuefta á toda la Teoría de la Naturaleza.

Respuesta I. La *Combustion* ó la *Putrefaccion* alteran y deftruyen el Compuefto sin alterar las partes primitivas que le forman, descompone y desnaturaliza las partes integrantes de un Mixto, pero no fus partes constituyentes.

Sea un átomo de madera formado por la mezcla particular de partes terreas, falinas, igneas, aereas y aqüeas. ¿Que hace la putrefaccion ó combuftion con efte átomo? Divide y fepara las partículas heterogeneas que por su reunion y colocacion determinan efte átomo á fer madera mas bien que mármol, pero no decenta los elementos primitivos que fon fus partes conftituyentes. Las moléculas de aire, fuego, tierra y agua que la descomposicion extrae de efte átomo de madera fon fuera del Compuefto lo mismo que eran en el compuefto, excepto el eftar mezcladas.

Si se mezclan juntos agua, aceyte y vino, refultará una mezcla particular en que cada uno de eftos tres licores que la conftituyen conferva fu naturaleza. La feparacion de eftos tres licores deftruirá la naturaleza de la mezcla, pero no la de los tres conftitutivos que

la forman. Lo mismo es de la mezcla natural que forma un Mixto. Las partes conſtituyentes conſervan su naturaleza durante la composicion, y la descomposicion no hace mas que ſeparar las de las partes heterogeneas á que eſtaban unidas.

II. Los elementos primitivos de los cuerpos que la combuſtion ó putrefaccion divide y ſepara, esparcidos y diſperſados en la maſa del aire, del agua ó de la tierra vuelven á formar *nuevos Mixtos* de una naturaleza ſemejante, ó mas comunmente de una naturaleza deſemejante, pero eſto no es porque eſtos Elementos primitivos adquieran nuevas maſas y configuraciones, sí ſolo porque forman nuevas agregaciones, colocaciones, combinaciones y mezclas ocasionadas de los diferentes grados de afinidad que los atrahen, ó de las diferentes impulsiones que los mueven, ó de los diferentes vehículos que los conducen, ó ya en fin de los diferentes canales que los dan ó niegan el paſo. (542.)

Sea un árbol qualquiera, por exemplo un Zerezo que vegete en un jardin plantado de cien especies diferentes de árboles frutales. Eſte Zerezo no tiene igual afinidad con todos los Elementos que se aproxîmen á ſus raices y poros, y asi atraerá con mas fuerza y en mayor abundancia ciertos Elementos, que ciertos otros. Los poros y canales internos de eſte Zerezo asi los de las raices deſtinados á chupar los jugos de la tierra, como los de las ramas y ojas cuyo deſtino es chupar los vapores de la atmósfera no ofrecen una entrada igualmente fácil á todos los Elementos que se preſentan á ſus orificios, de donde proviene que den entrada á ciertos Elementos con mas facilidad y en mayor abundancia, que á ciertos otros.

De aqui la diferencia de ſus ojas, ramas, corteza, tronco y frutos, que no proviene de otra coſa sino de que eſte Zerezo se forma y fecunda de una mezcla de elementos primitivos diferente de la que forma y fecunda el manzano ó el peral que vegeta y fructifica á su lado,

ELEMENTOS DE FISICA.

TRATADO SEGUNDO.

TEORIA GENERAL DE LOS CUERPOS.

153. Observacion. Conocer la naturaleza de los Cuerpos es conocer los *Principios* que los conſtituyen, y las *Propiedades* que los caracterizan.

En eſte Tratado considerarémos los *Cuerpos en general* baxo de eſtos dos aſpectos, sin ceñirnos todavia á tratar de ninguna especie particular de cuerpos.

SECCION PRIMERA.

PRINCIPIOS DE LOS CUERPOS.

154. Observacion. Los Filóſofos han reconocido en todos tiempos que la mayor parte de los *Cuerpos naturales* se pueden reducir mediante la deſcomposicion á otras ſubſtancias ménos compueſtas, baſtante ſemejantes entre sí, y siempre las miſmas con corta diferencia, de qualquiera naturaleza que ſea el compueſto de donde se las ſepara.

Eſta importante obſervacion hà dado motivo á creer que las diferentes eſpecies de cuerpos que componen la naturaleza visible no eran mas que reſultados de un corto número de ſubſtancias mas simples, de cuya diver-

versa reunion provenia la diversidad de todos los cuerpos simples ó compuestos, siendo simples los que no contenian mas que una sola y única especie de estas substancias primitivas, y compuestos los que resultaban de la mezcla de estas mismas substancias.

155. DEFINICION. Estas substancias mas simples suponiéndolas reducidas á su última descomposicion natural son lo que se llaman *Principios de los Cuerpos.*

Los Filósofos han estado siempre, y están aun divididos en diferentes sentencias sobre el número y qualidad de estas substancias mas simples, ó de estos principios de los cuerpos. Darémos aqui una idea de estas diferentes Sentencias.

SENTENCIA PRIMERA : LOS QUATRO ELEMENTOS DE ARISTOTELES.

156. EXPLICACION. Aristóteles, este vasto y profundo Ingenio, que derramó sobre la Filosofía algunas nubes y grandes luces ; que abrazando á un tiempo todas las especies de conocimientos creó las leyes de la Dialéctica, fixó las reglas del gusto en la Eloqüencia y Poësia, y conoció la naturaleza lo mas perfectamente que se podia conocer en su tiempo, pero que por su poderosa reputacion dando el tono á su siglo y á los siguientes tuvo la desgracia de conseguir un Imperio despótico sobre la Razon ; y de merecer ser ciegamente comentado por Discípulos de un ingenio sombrío y reñido con el sentido comun, capaces de envilecer y de hacer ridículo al Maestro mas grande : Aristóteles pues admitió por *principios de los Cuerpos* una materia homogenea dividida en quatro especies de elementos primitivos, únicamente diferentes entre sí por la diversidad de sus masas y configuraciones, que hacian como su forma característica y determinatriz. Estos quatro elementos primitivos son el *aire*, la *tierra*, el *agua*, y el *fuego*. (187.)

Es de admirar sin duda, que despues de las observaciones y descubrimientos modernos de los Boiles, Ha-

les, Becheres, Stahles, Bufones, y de todos los mas célebres Físicos y Chîmicos de los últimos Siglos sea forzoso admitir como principios de los cuerpos, los que Empedocles y Aristóteles habian indicado tanto tiempo antes de que se tuviesen los conocimientos de Chîmia necesarios para probar esta verdad. (a).

En efecto de qualquier modo que la Chîmia analice y descomponga los cuerpos, no ha podido nunca extraher de ellos mas que estas quatro substancias. No se las halla, es verdad, á las primeras operaciones puras, simples, desunidas y separadas de las otras. Pero los diferentes resultados de las primeras descomposiciones, sometidos á nuevos analisis no terminan en mas que en desunir y separar mas ó ménos perfectamente estas quatro especies de substancias, que sin ser acaso simples en sí mismas son no obstante el último término de la analisis Chîmica, de suerte que el Arte no puede dar una descomposicion ulterior.

SENTENCIA SEGUNDA: LA MATERIA PRIMERA Y SEGUNDA DE LOS PERIPATETICOS.

157. Explicacion. Los Peripatéticos desfigurando sin duda la doctrina de su Maestro Aristóteles admitian por principios de los cuerpos una materia primera, y una materia segunda.

I. Concebian la *materia primera* como un sujeto vago é indeterminado que no tenia por sí mismo forma alguna determinatriz, pero que era capaz de recibir todas las formas determinatrices posibles.

¿Este sujeto vago é indeterminado llegaba á recibir alguna *forma substancial*, por exemplo la forma substancial propia del aire, de agua, de madera, de piedra, ó de luz? Al instante este sujeto vago é indeterminado, antes materia primera se hacia materia segunda, ya constituida en una especie determinada de aire, agua, ma-

(a) Vease la Nota puesta al numero 179.

dera, piedra, ó luz ſegun la naturaleza de la forma ſubstancial que se la aplicaba y unía.

II. Segun los Peripatéticos los *principios de los cuerpos* eran una materia homogenea diversificada y caracterizada por la diversidad de las formas ſubſtanciales que eran como su alma. Cada eſpecie de cuerpos, cada especie de elemento tenia su forma ſubſtancial aparte diferente ó diſtinta de la forma ſubſtancial de qualquiera otro cuerpo, como el alma de Alexandro era diſtinta del almá de Poro, y diferente del alma del Bucéfalo.

III. Los vegetales diferentes de los hombres y brutos, pero animados como ellos tenian cada uno un *alma vegetativa* que presidia á su formacion, y elegia ſegun era neceſario entre los varios jugos de la tierra aquellos que convenian á la naturaleza del individuo de quien era parte. Un planton ingertado tenia ademas de su alma primitiva la alma del ingerto que se le habia incorporado, y asi producia mexores frutos porque dos almas hacian mexor ſu oficio que lo hubiera hecho una ſola. (542. y 544.)

IV. Los diferentes reſultados de eſta materia primera y de eſtas formas ſubſtanciales tenian diferentes propiedades de las quales no asignaban cauſa alguna: estas propiedades que reſultaban de la materia primera y de la forma ſubſtancial que le eſtaba unida es lo que llamaban *qualidades ocultas.* Por exemplo el agua refrigeraba porque la forma ſubſtancial de agua tenia una qualidad oculta refrigerante; la madera se encendia porque la forma ſubſtancial de la madera tenia una qualidad oculta combuſtible.

El grande vicio de las *formas substanciales y qualidades ocultas* del Peripato es ser un no sé que, que no se podia definir ni concebir, y de que se uſaba abſurdamente para explicar todo lo que se queria sin explicar efectivamente nada. (Met. 99. y 208.)

158. Nota. Lo que dió motivo á eſte abſurdo delirio del Peripato fué sin duda una equivocacion eſtúpida que le hizo confundir la *materia considerada en*

estado de abstraccion con la *materia considerada tal qual exîste en sí misma*, y en la naturaleza.

La materia considerada en eſtado de abſtraccion, ó considerada simplemente como materia no preſenta al entendimiento eſpecie alguna determinada de cuerpo. He aqui la *materia primera* del Peripato. Pero la materia en eſte eſtado de abſtraccion no exîſte ni puede exîſtir sino en imágen en las ideas precisivas, pues en los cuerpos exîſte neceſariamente con las qualidades eſpecíficas de que el entendimiento puede hacer abſtraccion al concebirla, mas no deſpojarla de ellas en realidad. (Met. 218. y 228.)

Eſta materia homogenea por ſu naturaleza, pero siempre eſencialmente materia no tiene necesidad de *formas substanciales* para formar diferentes eſpecies de cuerpos, pues para eſto la baſta tener modificaciones diferentes. (144.)

Yo puedo penſar en el triángulo en general sin fixar mi penſamiento en un triángulo equi-látero, escaleno ó iſósceles, pero es neceſario no obſtante que un triángulo que exîſte ſea de una de eſtas tres eſpecies de triángulo. Del miſmo modo puedo penſar en la materia en general sin concebirla como agua, fuego, aire, tierra, &c. Pero no hay materia alguna que no ſea algo de eſto. Una materia *genérica é indeterminada*, una materia primera que tenga necesidad de una forma para ſer materia ſegunda, y que exîſta efectivamente en la Naturaleza, es un ſueño y un abſurdo.

SENTENCIA TERCERA: ATOMOS EXTENSOS Ó INEXTENSOS.

159. EXPLICACION. Los principios primitivos de los cuerpos ſon átomos extenſos é indivisibles ſegun Démocrito, Epicuro y Gaſendo. Atomos inextenſos ó puntos Físicos ſegun Zenon. Monades simples, inextenſas, deſemejantes y activas por ſu naturaleza ſegun Leibnitz.

Ya hemos expueſto y refutado todos eſtos Siſtemas

tratando de la divisibilidad de la materia, y asi no nos cansarémos en dar una nueva y superflua refutacion. (46. 53. y 55.)

SENTENCIA QUARTA: PARTICULAS SIMILARES DE ANAXAGORAS.

160. Explicacion. Anaxâgoras natural de Clazomene despreciando los absurdos Sistemas de los antigüos Filósofos que para la formacion del Universo únicamente admitian una materia ciega y un ciego acaso, imaginó su *Homeomeria*, ó su Sistema de las partículas similares.

I. La Materia, segun Anaxâgoras, no era al principio mas que una masa bruta, un chaos sin forma. La Suprema Inteligencia que ama esencialmente el órden y la perfeccion trabaxó en esta materia bruta é informe, é hizo una multitud de especies diferentes de elementos, de tal suerte que los elementos de cada especie, siendo diferentes de los elementos de qualquiera otra, fuesen perfectamente semejantes entre sí.

Tales son en sentir de este célebre Filósofo los principios de los cuerpos. Estos elementos semejantes trabaxados con un arte infinito y de una pequeñez increible tienen entre sí una *atraccion recíproca* ó tendencia natural que los lleva unos hácia otros con fuerzas perfectamente iguales, en virtud de la qual parece que tienen ansia por unirse con sus semejantes, apartarse de sus desemejantes, y formar por su concurso Todos de su especie.

II. Con esta hipótesis emprendió Anaxâgoras explicar el grande misterio de la formacion y reproduccion de los cuerpos. El Universo segun él juzgaba formado al principio baxo la direccion de esta suprema Inteligencia que trabajó y preparó los principios se conserva y perpetua mediante la atraccion permanente de estos principios indestructibles. Un cuerpo animal, por exemplo el *Cuerpo humano* se forma y conserva porque los elementos de que

se nutre contienen partículas perfectamente ſemejantes á las partes integrantes de su ſangre, venas, hueſos, nervios, músculos, piel, espíritus vitales, ternillas, uñas, cavellos, &c. y eſtas *partículas similares* mezcladas y confundidas en la maſa de los alimentos procuran naturalmente unirſe á las partes del cuerpo humano á quien ſon ſemejantes.

III. ¿Eſte cuerpo humano se llega á descomponer por la muerte ó putrefaccion? Los elementos que le componen siempre indeſtructibles é inalterables despues de haberſe esparcido por la tierra ó por la atmósfera se juntan con las partes de los animales y vegetables con quienes tienen analogía por medio de las quales llegarán de nuevo á nutrir y formar del mismo modo y por el mismo mecanismo las generaciones siguientes. El niño que acaba de ſer concebido les deberá su deſembolvimiento y acrecentamiento, y el hombre hecho la reparacion permanente de ſus pérdidas y la conſervacion conſtante de su vigor.

IV. Lo mismo ſucede con otros cuerpos. Una bellota por exemplo pueſta en el ſeno de una tierra fértil se convierte poco á poco en árbol, porque la tierra en que crece la ſupedita ſucesivamente partículas análogas á su tronco, corteza, ojas y frutos, las quales se unen y pegan sin ceſar á las partes similares mas ó menos deſembueltas de eſta bellota, y la hacen en fin crecer completamente.

¿El entendimiento humano podia en el tiempo de Anaxâgoras imaginar una coſa mas bella que eſta hipótesis? Si en ella no se ve aun la verdadera Física completamente deſenredada y simplificada, á lo menos se ven ya ademas de la accion de un Dios autor de la Naturaleza, apuntadas la Atraccion del gran Newton, las Afinidades Chîmicas y las Particulas orgánicas del célebre Bufon.

SENTENCIA QUINTA: EL AGUA PRINCIPIO DE TODO SEGUN THALES.

161. Explicacion. Thales natural de Mileto, el primero de los siete Sabios de Grecia y fundador de la Escuela Jónica, enſeñó que el agua es el principio de todos

los cuerpos. Fundaba su Sentencia en que los cuerpos descomponiéndose se reducen á vapores, los vapores á lluvia, y la lluvia se convierte en plantas y frutos.

Esta opinion de Thales habia caido hacía ya muchísimo tiempo en descrédito y olvido quando la famosa experiencia de Van-helmont pareció volverla á sacar de él.

Este Holandés cogió una cierta cantidad de tierra, la hizo secar en un horno bien caliente, la pesó, puso en un vaso aislado, y plantó en ella un ramo de sauce, que expuesto al aire y regado de tiempo en tiempo se hizo un árbol; arrancó despues el árbol y habiendo secado y pesado la tierra como antes, se halló que nada habia perdido de su peso.

De aquí infirió que el agua sola habia compuesto este sauce. ¡Mala consequencia! Lo que únicamente se sigue de esta experiencia que se ha reiterado despues con mas exâctitud por otros Físicos, y que siempre ha salido del mismo modo con corta diferiencia respecto á la ilacion que sacaba Van-helmont, es que *el agua y el ayre son el vehículo comun de las diferentes substancias ó principios que entran en la composicion de los cuerpos.*

I. El Agua es acaso el mas simple é inalterable de todos los cuerpos; á lo menos los Chîmicos que no pueden de modo alguno descomponerla la cuentan entre los principios primitivos é indestructibles. Las cortas porciones de tierra que se extrahen de ella por medio de las filtraciones ó destilaciones, se tienen con razon por una substancia que está mezclada con el agua y es enteramente extraña á su Naturaleza.

Es pues absurdo pensar que el Agua se descompone y transmuta en tierra, sales y otros principios diferentes para formar los Cuerpos terrestres.

II. El Agua tiene una *Afinidad muy sensible* con varias substancias estrañas á su naturaleza. (108.) Las que agarra, tiene en disolucion, arrastra consigo por entre los canales de los vegetales y depone evaporándose insensiblemente en el aire con quien tiene tambien afinidad simple ó compuesta.

III. El Agua tiene tambien por su parte una grande afinidad con muchas exâlaciones que coge de la tierra, une á sus moléculas y eleva á una altura mas ó menos grande.

El Agua que ocupa los poros exteriores de las plantas atrahe las exâlaciones esparcidas en el aire, y las lleva á lo interior de las substancias vegetables en donde circulando como sávia ascendente y descendente, las dexa unidas á las partes ánalogas de la planta á medida de que se disipa insensiblemente por la evaporacion. (542.)

IV. De aqui resulta que el *Arbol de Van-Helmont* se ha podido formar y adquirir una masa bastante grande por medio del agua con que se le riega y que conduce á él muchas substancias extrañas á su naturaleza sin que el agua misma se haya convertido en toda la substancia de este árbol. Este árbol quando se le pesó, estaba en parte compuesto de agua, que es uno de los principios de todos los vegetales, pero no se componia únicamente de ella, pues los vegetales tienen siempre otros principios mas, quales son el aire, el fuego y la tierra.

El nombre de tierra significa aqui ademas del *Caput mortuum* de los Chîmicos, de que hablarémos bien pronto muchas y varias sales fixas y volátiles.

162. Nota. Segun Heráclito no hay igualmente mas que un solo principio de los cuerpos. Este es el *Fuego*. El fuego decia él, se muda en aire, el aire en lluvia, la lluvia en tierra, la tierra en toda especie de cuerpos.

Este eterno Lloron queria sin duda hacer reir á las gentes, vendiendo con seriedad por hipótesis filosófica estas *pueriles Metamórfosis* que no tienen viso alguno de verosimilitud, ni de conformidad con la razon.

SENTENCIA SEXTA: LOS TRES ELEMENTOS DE DESCARTES.

163. Explicacion. Despues de haber Descartes reconocido que el Universo ha sido efectivamente criado del

del modo que refiere la Sagrada Efcritura, exâminó de que modo que fuefe mas simple podria haber sido criado. Dadme únicamente una *Materia homogenea* y un *Movimiento perpetuo*, dice Defcartes, y no necesito mas para formar efte Mundo visible. Supóngafe que el Omnipotente haya criado una materia homogenea en su fubftancia y configuraciones, dividida en pequeños cubos femejantes, y que haya imprefo en el Lleno á todos eftos cubos dos movimientos de rotacion, el uno al rededor de su centro particular, y el otro al rededor de ciertos centros comunes, y de aqui nacerán los diferentes *Principios de los Cuerpos*, y la *Harmonía general* de la Naturaleza. Porque he aqui lo que debe forzofamente refultar fegun Def-cartes, de efta muy fencilla y muy fecunda hipótesis. (*Fig.* 6.)

I.° Eftos Cubos A. no pueden moverfe en el Lleno al rededor de fu centro particular sin que fus ángulos se quiebren con violencia, y sin que falga por todos lados del medio de las partes rotas y quebradas una como nube ó torrente de partículas incomparablemente mas pequeñas, que la violencia y exfuerzo de la division hará efcapar con una velocidad inconcevible, la que confervarán conftantemente sin poder jamas perderla. He aqui un primer Elemento, que es la *Materia subtil* D., que dotada de una velocidad prodigiofa y capaz de tomar y perder fucesivamente todas las figuras posibles es muy aproposito para penetrar por los mas pequeños poros de los cuerpos con la mayor facilidad.

De efta Materia es de la que se componen el Sol, las eftrellas y todos los cuerpos luminofos. *Primum Elementum, Materia subtilis, motu acta pernicissimo, nullius figuræ tenax.*

II.° Eftos Cubos no pueden continuar rodando fobre su centro particular sin que á caufa de la frotacion fus partes angulofas se defgaften hafta llegar en fin á convertirse en globitos lifos de diferentes mafas. He aqui un segundo Elemento, la *Materia globulosa* B. cuyas moléculas se diftinguen de la materia fubtil asi por su mafa que

es baſtante mayor, como por su figura que es determinada y conſtante.

Eſta Materia globuloſa llena los eſpacios inmenſos de los cielos, ó los eſpacios que ſeparan al sol y las estrellas de los cuerpos opacos que ruedan dentro de ſus Turbillones. *Secundum Elementum, Materia globulosa, Materia ætherea, seu materia quæ in globulos efformata æthereas implet plagas.*

III.° Eſtos Cubos no han podido moverſe en el Lleno al rededor de ſus centros particulares sin que ſus ángulos ſólidos ſeparándoſe del reſto del cubo hayan formado *Masas angulosas é irregulares*, diſtintas tanto de la materia globuloſa que es como el centro y cueſco redondeado de los cubos divididos, como de la materia ſubtil que viene á ſer un polvo que se ha eſcapado en rayos infinitamente ſubtiles del ſeno de las partes mas grueſas de la division. He aqui pues un tercer Elemento, la *Materia ramosa y acanalada* C. ſumamente variada en ſus maſas, irregular en ſus configuraciones, poco apropósito para el movimiento, y deſtinada de consiguiente á formar cuerpos ſólidos y macizos mediante el enlace de ſus angulos, ramas y concavidades.

La Tierra, los Planetas y los Cometas eſtan compueſtos principalmente de eſte elemento. *Tertium Elementum, Materia ramosa, striata, ex qua solida conflantur corpora.*

IV.° Supóngaſe que el Criador haya dividido deſde el principio de los tiempos eſtos tres elementos todavia mezclados y confundidos entre sí, en otras tantas porciones considerables como hay hoy de Eſtrellas fixas dando á cada porcion de eſta materia asi mezclada un impulſo general que la haya hecho moverſe como un fluido al rededor de un centro comun.

De aqui ſegun Deſcartes, tendrian origen los varios Turbillones (a) grandes que por ſolas las Leyes mecáni-

(a) Me ha parecido conveniente usar de la voz *Turbillon* en la exposicion del Sistema de Des-cartes, ya por haberla usado otros Autores ó Tra-

cas han formado ó podido formar este Universo visible, suponiéndole dividido en otros tantos turbillones, quantas son las estrellas fixas. Nuestro Sol es el centro de un turbillon en el que nadan y se mueven en círculo nuestros planetas, el qual se estiende hasta los turbillones de las estrellas próxîmas. Cada Estrella es el centro de otro turbillon en el que nadan tambien otros planetas semejantes á los nuestros, á quien sirve de sol la estrella colocada en su centro.

164. EXPERIENCIA. Si se hace dar vueltas rápidamente sobre su exe á un globo hueco de vidrio en que se hayan echado tres líquidos de diferente peso, por exemplo aceite, agua y mercurio; el mas leve queda en el centro (*): el mas pesado tira á la circunferencia, y el otro se pone entre los dos. Lo mismo, dice Des-cartes que ha debido suceder con mis tres elementos mezclados y confundidos al principio en sus Turbillones.

I.° La *Materia subtil*, el mas pequeño y móvil de los tres elementos ha debido quedar en el centro del turbillon, y formar un cuerpo luminoso ó un sol.

II.° La *Materia angulosa y acanalada*, el mas pesado y menos móvil de los tres elementos ha debido ser llevado mas pronto ó mas tarde segun su mayor ó menor inercia hácia la circunferencia del turbillon.

Traductores Castellanos, ya por ser la voz con que se explica este Filósofo en su idioma original, y ya porque no me parece menos obscura la voz *vórtice* tomada del Latin, que algunos la substituyen. Para que la entiendan los principiantes, basta decir que *turbillon* significa lo mismo que *remolino*, y asi que el Sistema de Des-cartes se deberia llamar con propiedad en Castellano el Sistema de los Remolinos. N. T.

(*) NOTA. En la Experiencia que aqui se refiere, que es en la que está fundada toda la Hipótesis Cartesiana, el *líquido mas leve* no queda en el centro sino que se pone al rededor y á lo largo del exe de la revolucion, y este es uno de los vicios capitales de esta hipótesis, porque segun esta experiencia el sol y las estrellas en vez de ser globos luminosos deberian ser *Cilindros ó Husos luminosos* de la misma longitud que el exe de su Turbillon. Esta hipótesis tiene otros muchos defectos radicales como se hará ver en otros lugares. (789. y 808.)

Esparcida al principio al acaso esta Materia ramosa y acanalada hácia la circunferencia del turbillon, ha debido formar sucesivamente *Globos opácos* de diferente densidad y grandor, á quienes la Impulsion hará despues baxar hácia el centro del turbillon mas ó menos pronto segun su mayor ó menor densidad.

III.° La *Materia globulosa*, de mas masa que la subtil pero de menos que la ramosa y acanalada se ha debido colocar hacia el medio del turbillon; y no teniendo igual masa los diferentes glóbulos de este segundo elemento se han debido distribuir en diferentes capas, colocándose los mas pequeños mas cerca, y los mas grandes mas lexos del centro.

Cada *Capa de un Turbillon* hace vanos exfuerzos para huir por la tangente, y es obligada á moverse en círculo ó elipsis por la capa superior que la detiene y aprisiona dentro de su espacio. La última capa de un turbillon, por exemplo del turbillon solar, es detenida por las últimas capas de los turbillones contigüos; y la última de todos los turbillones exîstentes únicamente por la falta de espacio por donde poder esparcirse y estenderse.

Cada Turbillon rodando al rededor de su centro comun ó de su estrella, arrastra con su impulso los Planetas que nadan en él, á la manera que un torrente de agua lleva un arbol que flota sobre ella. Los planetas mas distantes del centro gastan mas tiempo que los otros en hacer su revolucion, porque teniendo todas las capas de los turbillones la misma velocidad, las mas distantes del centro deben gastar tanto mas tiempo en hacer su revolucion quanto mas espacio tienen que andar para acabarla.

165. Nota. ¡Tal es en resumen el sublime sueño de Descartes sobre el origen y mecanismo del Universo! No es este el lugar conveniente para seguir á este Filósofo por los diversos teatros de la Naturaleza en que su audaz ingenio imitador ó rival del Criador forma por medio de sus *tres Elementos* y de la *Impulsion* todos los cuerpos tanto sólidos como fluidos: hace nacer la pesantez de una materia sin peso: cristaliza y mineraliza las entrañas de la Tierra:

levanta y baxa las olas del Occeano: engendra y deſtruye los Metéoros en la Atmósfera: cria y perpetua las varias especies de animales y vegetables ſobre la faz de la tierra: pone los Turbillones de las Eſtrellas en equilibrio entre sí: compone los Planetas y Cometas: transmuta los Cuerpos opacos en luminoſos, y los luminoſos en opacos en el Cielo: ¡Que fuerza y que grandeza la de eſte ingenio! No se puede admirar baſtantemente el que un hombre haya sido capaz de abrazar de eſte modo con una ſola ojeada la Naturaleza entera en toda su extension, reduciendo á una hipótesis tan ſencilla quanto preſenta de vario y complicado el conjunto del Univerſo: ¡Que láſtima que lo que pareció al principio la Hiſtoria de la Naturaleza no ſea ya hoy mas que un Romance!

Con todo eſta Hipótesis romancesca cuyos principales vicios deſcubrirémos en otra parte mudó la faz de la Filoſofía que yacia dormida ó ſepultada habia ya largo tiempo en el ſeno de la ignorancia y del bárbaro pedantismo, despertándola por medio de los encantos intereſantes de eſte brillante delirio que la inspiró guſto por los conocimientos y conduxo al amor de la Verdad. Tal es la condicion de los hombres; incapaces de recibir la juſta impresion que les conviene no se les puede por lo comun ſacar de un abismo sino arraſtrándoles á otro, ni iluſtrarles por la Razon sino despues de haberles ſeducido por la Imaginacion; Eſto es lo que hizo Descartes.

Para dar por el pie á la antigua Filoſofía conſagrada por la preocupacion y la ignorancia, le fué neceſario inventar un Siſtema singular capaz de despertar é intereſar al ingenio aletargado de su siglo. Creó eſte Siſtema, deſpertó el ingenio y se puſo en movimiento. Sintió lo vacío y ridículo de la Filoſofía entonces reinante, se aplicó con ardor á ſubir al conocimiento de las Cauſas en ſus efectos; y en virtud del movimiento dado por Des-cartes consiguió al fin deſpues de baſtantes deſcarríos hacer poco á poco Deſcubrimientos útiles; conocer y calcular las verdaderas Leyes del movimiento, adivinar ó ſospechar los verdaderos Principios de las coſas, pe-

netrar el verdadero Siſtema del Mundo, y arrancar á la Naturaleza á lo menos en parte el tenebroſo velo que la ocultaba.

Sentencia septima: los diversos principios de los chimicos.

166. Definicion I. La Chîmia es una ciencia cuyo objeto es conocer la Naturaleza y Propiedades de los cuerpos por medio de ſus analisis y combinaciones. La Analisis ſepara unas de otras las partes conſtituyentes de un cuerpo, y la Combinacion forma nuevos Todos, uniendo las partes conſtituyentes de un cuerpo con las de otro.

Entre los que se dedican á la Chîmia, los unos se llaman Alchîmiſtas y los otros simplemente Chîmicos.

I.° Los *Alchîmistas* que se tienen por los Chîmicos por excelencia, ſon los que se emplean locamente en buſcar la Piedra filoſofal; Cerebros huecos, cuyo mérito científico únicamente consiſte en uſar de un guirigay enigmáticamente bárbaro, y en alimentarſe de eſperanzas locas y chîméricas. (146.)

Los Alchîmiſtas se llaman tambien *Adeptos*, es decir conſumados en su árte: *quasi artis Chimicæ perfectionem adepti.*

II.° Los *Chîmicos* ſon aquellos que se emplean útilmente en deſcomponer y volver á componer los cuerpos, ya ſea para conocer su Naturaleza ó ya ſea para adelantar la Medicina y las Artes.

167. Definicion II. La *Analisis Chîmica* es el árte de ſeparar unas de otras, no las partes integrantes sino las partes conſtituyentes de un cuerpo, lo que se hace de dos modos, ó por la accion del fuego ó por la de los diſolventes. La primera se funda en la *diferente Volatilidad*, y la ſegunda en la *diferente Disolubilidad* de los principios del Cuerpo que se quiere deſcomponer.

I.° Es evidente que si en un Alambique pueſto ſobre el fuego se echa un Mixto cuyas partes conſtituyentes tengan *diferente Volatilidad* unas que otras, las mas volá-

tiles deben ſer exâltadas en vapores con un grado de calor mas débil que otras que necesitarán un grado mas intenſo, y asi eſtas partes mas volátiles se ſepararán de las otras, se elevarán á la cabeza y se las podrá recoger aparte.

Un grado de calor algo mas fuerte exâltará deſpues otras partes menos volátiles que las primeras, pero mas volátiles que otras del reſto de la maſa, y asi eſtas partes se elevarán á su tiempo á la cabeza, y se las podrá igualmente recoger aparte.

Continuando de eſte modo en aumentar ſucesivamente el calor se ſacarán unos deſpues de otros extractos correſpondientes á los diverſos grados de volatilidad que tienen los diferentes elementos que forman el cuerpo pueſto á diſolver.

II.° Es evidente que si hay un cuerpo cuyas partes constituyentes tengan *diferente Disolubilidad*, un Diſolvente que se pegue á las unas no se pegará á las otras, y asi estas partes podrán ſer ſeparadas unas de otras.

Por exemplo, en una maſa compueſta de oro y plata el agua fuerte diſolverá la plata y no el oro, y por eſte medio se tendrá el oro ſeparado de la plata.

PRINCIPIOS DE LOS PARACELSISTAS.

168. EXPLICACION. Los *Chîmicos de la edad media*, es decir del tiempo de Paracelſo tenian por Principios primitivos de los cuerpos los varios reſultados de la Análisis Chîmica, ó las diferentes ſubſtancias que se ſacan de un cuerpo deſcompueſto. Eſtos en su opinion eran cinco, el *Mercurio* ó eſpíritu, la *Flema* ó el agua, el *Azufre* ó aceyte, la *Sal* y la *Tierra*. Eſtos cinco principios se llamáron *Principios de los Paracelsiſtas* del nombre de Paracelſo, el mas célebre Médico y mas grande Chîmico de su siglo, nacido en Einſtdeln cerca de Zurich en 1493. y muerto en Saltzbourg en 1541.

I.° Entendian por *Mercurio*, lo mas volátil, eſpirituoſo y capaz de hacer impresion en el guſto y en el olfato que ſacaban analizando los cuerpos.

II.° Llamaban *Flema* á los productos aqüeos no inflamables.

III.° Daban el nombre de *Azufre*, no solo á las materias sulfureas y al azufre comun, sino tambien á qualesquiera aceites y substancias inflamables que extrahian de los cuerpos.

IV.° Daban el nombre general de *Sal* á todas las materias salinas sacadas de los cuerpos descompuestos, de qualquiera naturaleza que fuesen.

V.° Comprehendian baxo el nombre de *Tierra* todas las substancias que quedaban fixas despues de la análisis del cuerpo.

He aqui un exemplo de la Análisis Chîmica que se llama *Destilacion*.

IDEA DE LA ANALISIS CHIMICA.

169. Experiencia. Si sobre el hornillo A. A. de un Alambique se pone á destilar vino en una Cucurbita de vidrio L. resultarán los efectos siguientes. (*Fig.* 9.)

I.° Del seno de la Cucurbita ó Matraz L. se eleva al principio á la cabeza M. un vapor sutil que el refrigerante P. convierte en licor, y que se precipita en el recipiente O. Este principio el mas activo y volátil de todos los que componen el vino ú otro cuerpo que se haya de analizar, es lo que llaman los Chîmicos *Espíritu* ó *Mercurio*.

Se ve por esto que el Mercurio Chîmico no tiene nada de comun con el mercurio mineral (128.) ó azogue.

II.° Despues de la sublimacion del mercurio se eleva igualmente del seno de la Cucurbita á la cabeza otro licor que carece de sabor y de gusto. Este principio mas aqüeo é insípido es la *Flema*.

III.° Despues de la elevacion del mercurio y de la flema queda en el fondo de la Cucurbita L. una materia viscosa que puesta en otra Cucurbita de tierra, y puesta á un fuego mas violento da en la sublimacion en primer lugar un licor insípido : en segundo otro li-

licor tambien insípido : en tercero un licor accido : y en quarto un licor viſcoſo.

Los dos primeros reſultados se pueden reducir á la Flema , y los dos últimos ſon lo que se llaman *Aceites.*

IV.° Deſpues de eſtas operaciones queda en el fondo de la cucurbita un poſo ó ſedimento que se quema y reduce á cenizas. Recógenſe eſtas cenizas , se las pone á diſolver en agua caliente , y eſta agua se cuela en algunas ojas de papel de eſtraza. Las Sales diſueltas y mezcladas con el agua paſan con ella por los poros del papel , y caen en un vaſo que se pone debaxo para recibirlas.

La materia craſa que queda pegada al papel es la *Tierra* que llaman tambien los Chîmicos *Cabeza muerta* , ó *Caput mortuum.*

V.° Pónefe al fuego el vaſo en que eſtá el agua mezclada con las ſales, haſta que eſta se evapore totalmente, y lo que queda en el fondo es lo que se llama *Sales fixas.*

170. Nota I. Se pueden deſcomponer casi del mismo modo otros varios cuerpos como la ſangre , las graſas, las medulas, las carnes de los animales, la mayor parte de las ſubſtancias vegetales y algunas ſubſtancias minerales.

I.° Como los diferentes principios de eſtas ſubſtancias tienen *diferente volatilidad* ; si se las pone ſobre un horno chîmico en cucurbitas ó matraces L. los mas volátiles ſon los primeros en exâltarſe por la accion del fuego, y eſtos ſon el mercurio ó la parte eſpírituoſa. Los mas fixos y refractarios no pueden ſer exâltados ; eſtos ſon la Tierra y la Sal fixa. Los que tienen una volátilidad media , retenidos por mas tiempo á cauſa de su viſcosidad se van ſeparando y exâltando ſucesivamente ſegun el grado mayor ó menor de adherencia que tienen ; eſtos ſon los Principios aqüeos y oleoſos. (*Fig.* 9.)

II.° Por un mecaniſmo ſemejante se hace la *Destilacion* ; operacion con la qual se ſeparan y recogen mediante un grado conveniente de calor los principios fluidos y volátiles de los cuerpos.

Si en una Cucurbita E H ó L M se pone á deſtilar

agua ó vino, ú otra qualquiera ſubſtancia; las partes mas volátiles y espirituoſas se ſepararán y ſublimarán las primeras, é irán á dar á los recipientes G ú O de donde se las podrá extraher aparte.

Eſtos recipientes G y O que comunican con las cucurbitas E H ó L M no deben eſtar cerrados herméticamente, porque entónces la fuerza inmenſa del vapor del agua los haria trozos.

III.° Se pueden deſtilar del mismo modo las aguas minerales y las aguas ſaladas del mar y de varias fuentes. Las partes mas volátiles del agua y de las ſubſtancias mezcladas con ella se ſublimarán y evaporarán ſucesivamente, y ſolo quedará en el fondo de la cucurbita la parte fixa y no volátil que se podrá obſervar y analizar aparte.

171. Nota II. Dan los Chîmicos el nombre de *Baño* á varias ſubſtancias de que uſan para transmitir el calor á los cuerpos que se quieren analizar por medio del fuego. Las materias que mas comunmente se uſan para eſto ſon el *Agua* y la *Arena.*

I.° Poner la cucurbita que contiene la materia que se quiere analizar; en una vasija llena de agua que se calienta mas ó menos haſta que llega á hervir; es emplear el *Baño-maria.*

II.° Poner la cucurbita con la materia que se quiere descomponer en una vasija llena de arena á quien se da mas ó menos calor haſta que eſté albando; es emplear el *Baño de arena.*

Como el *Herbor* es el mayor grado de calor que puede adquirir el agua en una vasija abierta, se ve por eſte medio que se puede dar con facilidad un grado conſtante de calor al cuerpo que se quiere analizar. Quando se necesita un grado de calor ſuperior al del agua hirviendo se uſa del Baño de arena.

Eſtas dos especies de Baños alternativamente empleados en los Laboratorios Chîmicos baſtan para descomponer todo género de cuerpos por medio del fuego.

IDEA DE LAS SALES CHÎMICAS.

172. DESCRIPCION. Se da en general el nombre de *Sal*, como ya lo hemos obſervado á todas las ſubſtancias que ſon capaces de hacer impresion en el guſto y de diſolverſe en el agua. Las ſubſtancias ſalinas ſon por lo comun un compueſto de dos principios que la Chîmia ſepara, á ſaber el *principio accido*, y el *principio alkali*: el primero es como el espíritu, y el ſegundo como el cuerpo del compueſto ó concreto.

Lo que llaman los Chîmicos *Accido*, es un licor fuerte, peſado, agrio, corrosivo, que se extrahe comunmente de otras ſales por medio de la deſtilacion: la parte de ſal de donde se extrahe eſte licor accido, es lo que se llama *Alkali*.

Las *Sales Chîmicas* se dividen principalmente en accidas y alkalis, fixas y volatiles; divisiones generales de que se hacen infinitas ſubdivisiones que ſeria inútil y muy largo proponer y explicar.

ACCIDOS Y ALKALIS.

173. DESCRIPCION I. Los *Accidos* ſon ſubſtancias de un ſabór que es efectivamente accido ó agrio, lo que ha hecho que se les dé eſte nombre.

I.° Los Accidos tienen una tendencia baſtante grande á unirſe con casi todos los cuerpos de la Naturaleza, y especialmente con los que ſon menos compueſtos, como ſon el flogíſtico, los alkalis, las tierras abſorventes, el agua y el aceite.

II.° Los Accidos muy concentrados (es decir despojados por la evaporacion, deſtilacion ú otros medios chîmicos de las materias extrañas y del agua ſuperabundante á su eſencia ſalina) quando se toman interiormente en dosis algo considerable ſon corrosivos muy violentos y verdaderos venenos.

Eſta qualidad les viene de la grande actividad que

tienen para unirse y adherir á los cuerpos que penetran y corroen insinuándose en ellos en virtud de su afinidad. (112.)

Sus mexores contra-venenos son las substancias alkalinas, salinas y terreas, los aceytes, la leche y el agua; substancias con las quales estos Accidos tienen una afinidad muy grande; por lo que tiran prontamente á empaparse en ellas, lo que les impide tomar por absorventes las partes mismas del cuerpo animal.

III.° Aunque todos los Accidos sean volátiles, como no todos tienen igual volatilidad, se da con preferencia el nombre de *Accidos volátiles* á aquellos que tienen mas volatilidad que los otros ó á causa del principio inflamable que hay en ellos en mayor abundancia, ó á causa de algun aceite muy atenuado que está mezclado con ellos.

Los Accidos que se extrahen de las substancias animales por medio de la destilacion tienen comunmente mas volatilidad que los que se sacan de las substancias minerales y vegetales.

IV.° Los Accidos segun las diferentes substancias de que se extraen, se dividen en minerales, vegetales y animales ó volátiles.

Se dividen tambien principalmente en accido marino, accido nitroso, y accido vitriólico. Este último es el mas activo de todos, y acaso los demas no son otra cosa que modificaciones suyas.

V.° Casi nunca se llegan á tener los Accidos en masa seca y forma concreta, porque estas sales tienen una afinidad tan grande con el agua, que quando no contienen otra substancia que la que les es necesaria para ser sales, chupan el agua con la mayor prontitud así que pueden tocarla. Y como la Atmósfera terrestre está siempre mas ó menos cargada de vapores aqüeos, el solo contacto con el aire cuya humedad atrahen y absuerven, basta para ponerlos en estado de fluidez.

174. DESCRIPCION II. Los Alkalis son substancias de un sabor acre y ardiente, compuestas de tierra, accido, y un poco de flogístico, pues tales son los principios que extrahe de ellas la Chîmia sometiéndolas á nuevas análi-

sis. Los Alkalis ſon ó fixos ó volátiles, ſegun que tienen mas ó menos diſposicion á exaltarſe y disiparſe en vapores quando experimentan la accion del fuego. Los ſales que se extraen de las cenizas de ſubſtancias animales y vegetales ſon verdaderos alkalis fixos, deſpojados por la accion del fuego de la mayor parte de ſus accidos, y que no han podido ſer exâltados en vapores. Se logran con bastante facilidad accidos fixos y volátiles en maſa ſeca y concreta.

I.° Los Alkalis fixos se funden á un fuego moderado, y fundidos diſuelven toda eſpecie de tierras : á un fuego muy violento se mudan en vidrio, y por la vitrificacion pierden su diſolubilidad en el agua, y verosimilmente tambien ſu naturaleza ſalina.

II.° Los Alkalis son como los Accidos, poderoſos diſolventes. Deſcomponen todas las ſales de baſe terrea metálica. Separan eſtas ſubſtancias y se unen á ſus accidos con quienes tienen una afinidad muy grande.

III.° Los Alkalis se dividen como los Accidos, segun las ſubſtancias de que se extrahen, en alkalis minerales, alkalis vegetales y alkalis animales. Eſtos últimos se llaman comunmente alkalis volátiles.

SALES NEUTRAS ; SAL COMUN ; SALES ESENCIALES.

175. Descripcion I. No se llamaban en otro tiempo *Sales neutras*, sino las que eſtaban compueſtas de accidos y alkalis unidos haſta el punto de ſaturacion, de ſuerte que no tuvieſen propiedad alguna dominante accida ó alkalina.

Al preſente se llaman Sales neutras las combinaciones de los accidos con qualeſquiera ſubſtancia á quien uniéndoſe pierden á lo menos en mucha parte las qualidades que indican ſer accidos, como ſucede quando se combinan algunos accidos con ciertas ſubſtancias terreas y metálicas. Los Chîmicos diſtinguen una multitud inmenſa de Sales neutras diferentes unas de otras.

176. Descripcion II. La *Sal comun* de que ya hemos

dado una idea es una ſal neutra perfecta, compueſta de un accido y un alkali particulares. (124. y 127.)

I.° La Sal comun no puede ſer deſcompueſta en ſu accido y su alkali por la simple accion del fuego mas violento ; para hacer eſta análisis se necesitan emplear intermedios capaces de deſunir eſtos dos principios, uniéndoſe con el uno y precipitando el otro. Eſtos intermedios ſon principalmente el accido vitriolico , el nitroſo , y la ſal ſedativa. (173. y 174.)

II.° La Sal comun mezclada en grande cantidad con las materias animales , las preſerva de la corrupcion ; pero si es en pequeña cantidad como hacemos en nueſtros alimentos , la acelera y facilita. Eſte efecto singular bastante bien averiguado por las experiencias de muchos Médicos y Chîmicos célebres , prueba que la ſal que echamos en nueſtros alimentos debe facilitar la digeſtion, que es una eſpecie de corrupcion empezada de eſtos alimentos.

177. Descripcion III. Los Chîmicos dan el nombre de *Sales esenciales* á todas las materias ſalinas concretas que conſervan el olor, ſabor y demas qualidades principales de los cuerpos de que se extraen. Las materias minerales no dan ſales eſenciales. Entre las ſubſtancias animales y vegetales que ſon las únicas que pueden dar ſemejantes ſales , hay algunas que no las dan á cauſa de que ſus ſales se deſnaturalizan con la deſcomposicion que se hace de ellas.

Eſtas ſales se llaman *esenciales* , sin duda porque no mudan de naturaleza ni de eſencia en la deſtilacion ó evaporacion como las otras.

PRINCIPIOS DE LOS CHIMICOS MODERNOS, Ó LOS QUATRO ELEMENTOS DE ARISTOTELES.

178. Explicacion. Los *Chîmicos modernos* deſpues de haber obſervado que los *Principios de los Paracelsistas* eran verdaderos compueſtos capaces de ſer deſcompueſtos, han procurado simplificarlos exponiéndolos á nuevas análisis.

I.° Consta ahora por repetidas experiencias de los mas célebres Chîmicos y Físicos que los Mixtos estan compuestos solamente de *quatro Principios primitivos* diferentes entre sí, y bastante semejantes en todas las especies é individuos. Estos quatro Principios primitivos son el Agua, el Aire, la Tierra y el Fuego.

El *Fuego* y la *Luz* son seguramente una *misma especie* de cuerpos elementares, y á mi parecer todas las experiencias y razonamientos que se han hecho en estos últimos tiempos para probar lo contrario, nada prueban absolutamente.

II.° De qualquier modo que se analize un cuerpo, no se pueden sacar de él mas que estas quatro especies de substancias, que aunque se presentan mezcladas y confundidas en los primeros Resultados chîmicos vienen á ser en fin en nuevas descomposiciones el último término de la Analisis Chîmica. De donde resulta que hay bastante fundamento para tener estos quatro Elementos por los Principios primitivos de todos los Cuerpos.

Darémos aqui una idea sucinta de ellos, ínterin que la damos mas desenvuelta en Tratados particulares.

EL AGUA, PRINCIPIO DE LOS CUERPOS.

179. OBSERVACION. El *Agua* parece ser un cuerpo simple é inalterable; ningun analisis chîmico puede descomponerla, ni hay prueba alguna de experiencia de que sus moléculas sean heterogeneas en sus masas y figuras. (94. y 145.) (a)

(a) Posteriormente al tiempo en que escribió el Autor, se han hecho varias tentativas para descomponer y volver á componer el agua. Algunos Chîmicos y Físicos de mucho mérito aseguran haberlo conseguido, y sostienen abiertamente que este fluido no es otra cosa que un compuesto de gas pyrogeno y de gas inflamable, al que llaman *hydrogeno*, por juzgarle uno de los dos principios constitutivos del agua. Si esto es asi, el Agua debe ser excluida del número de los Elementos. Pero otros Chîmicos y Físicos de mérito nada inferior sostienen lo contrario, y explican bastan-

te

Consta por infinitas experiencias y analisis chîmicas que el Agua entra como principio ó parte constituyente en todas las Substancias animales y vegetales, pero no está averiguado aun por la experiencia que entre igualmente en las Materias metálicas y Piedras vitrificables. Si acaso entra con efecto en la composicion de estas dos últimas Substancias, debe estar tan fuertemente adherente á ellas que no basten á separarla todos los exfuerzos de la Chîmia.

EL AIRE, PRINCIPIO DE LOS CUERPOS.

180. Observacion. El *Aire* es un fluido invisible, eláftico, compresible, que entra en cantidad muy crecida en la mayor parte de los Mixtos, como consta por las experiencias de los Señores Boyle y Hales. Parece que el Aire está en los cuerpos en dos estados bien diferentes.

I.° El Aire en ciertos cuerpos y ciertas circunstancias se halla simplemente disperso é interpuesto entre sus partes integrantes, sin adherir á ellas ni ser parte constituyente de estos cuerpos. En este estado está el aire en los poros de una esponja, del pan y de otras muchas substancias semejantes.

La compresion de estos cuerpos le separa facilmente de ellos, donde solo ocupa lugar sin incorporarse con ellos ni perder su elasticidad, como ni algunas de sus propiedades específicas.

te bien en su Sentencia los experimentos que alegan á favor de la suya los primeros. De suerte que parece que no tenemos todavia datos suficientes para resolver esta qüestion que lleva hoy la atencion de los Chîmicos y Físicos de primer órden; y que si se resolviese sobre fundamentos sólidos á favor de la composicion del agua daria mucha luz á la Chîmica y la Física; y proporcionaria algunos auxîlios á las Artes y á la Vida Civil. Véase á Chabaneau *Elementos de Ciencias naturales* Tom. I. cap. X. §. III. y el *Diario de los nuevos descubrimientos de todas las Ciencias Físicas*. Ed. de Madrid de 1792. pag. 107. N. T.

II.° El Aire en otros cuerpos y otras circunstancias está unido y combinado con las partes integrantes del cuerpo, de suerte que él mismo es una de sus partes constituyentes, y no se le puede separar sin destruir la naturaleza de estos cuerpos. El aire asi combinado parece estar privado de su elasticidad, la que no recobra sino por la descomposicion del cuerpo de que hace parte.

Consta por las experiencias de los Físicos modernos, como verémos en otro lugar, que una pulgada cúbica de encina descompuesta por la accion del fuego da 256 pulgadas cúbicas de aire, lo que prueba que el aire que hacia parte constituyente de esta encina estaba reducido á un volúmen á lo menos doscientas cinquenta y seis veces menor que el que tiene en la Atmósfera que nos rodea. (653.)

III.° Aunque no podamos observar la figura de las *Moléculas del Aire*, es verosimil que no sean todas semejantes entre sí, y aunque haya una multitud de especies diferentes, indestructibles é inalterables, como se debe inferir de la teoría de los Sonidos, cuya diversidad no puede explicarse á no suponer que la masa del aire está compuesta de moléculas de diferente grueso, largura y tension. (668, y 674.)

LA TIERRA, PRINCIPIO DE LOS CUERPOS.

181. Observacion. No se puede dudar que la *Tierra* entra como principio ó parte constituyente en infinitos cuerpos, porque despues que el Arte chîmica ha agotado todos sus esfuerzos para descomponer lo mas que es posible la mayor parte de los Mixtos, queda siempre *una Materia fixa y sólida* que es imposible analîzar ya mas.

A esta materia fixa y sólida dan en general el nombre de *Tierra* los Chîmicos y Físicos á causa de que tiene la fixeza, pesantez, solidez y demas propiedades de la masa que forma el Globo terrestre.

¿Pero qual es la naturaleza de este Principio? ¿Hay una sola especie de *Elementos terreos*, ó se deben admi-

tir muchas? Eftas fon dos qüeftiones que no es fácil decidir.

182. Sentencia I. Algunos Físicos célebres no admiten mas que *una sola Especie* de tierra que llaman Tierra elementar, y cuyos elementos fuponen perfectamente femejantes entre sí.

Efta opinion tiene por Autores y fequaces los Stahles y los Maquers perfonages que tanto han iluftrado la Chîmia. Para feguir efta fentencia se fundan como en principio, en que se deben mirar como Subftancias de naturaleza terrea todas aquellas cuyas partes conftituyentes por su *Fixeza*, *Pesantez*, *Solidez* é *Infusibilidad* se diferencian mas de los otros elementos principios, á faber del agua, aire y fuego en que entre eftas fubftancias de naturaleza terrea se debe tener por tierra por excelencia, por mas especialmente tierra elementar la que pofee en mas alto grado eftas quatro qualidades, que es á la que los Chîmicos llaman *Tierra vitrificable* cuyas partes integrantes reunidas forman piedras de una grande dureza, transparencia y de un blanco perfecto, quales fon el diamante y criftal de roca quando eftán perfectamente puros, sin colores ni olores: en fin en que las demas fubftancias de naturaleza terrea en quienes eftas quatro qualidades se hallan en menos grado fon unas fubstancias en las que el Elemento terreo eftá mas ó menos mezclado y combinado con los otros Elementos principios.

183. Sentencia II. Otros muchos Físicos famofos están con mas fundamento por la *Multitud de Especies diferentes* en el Elemento terreo, y fobftïenen que los Elementos terreos que forman por exemplo los metales se diftinguen por su mafa ó por su configuracion, ó por uno y otro de los Elementos terreos que componen la piedra, el diamante y la madera.

Segun los Partidarios de la primera opinion los elementos terreos fon homogeneos asi en su naturaleza como en fus mafas y configuraciones; y los Cuerpos en su opinion no se diftinguen entre sí sino por la diferente mezcla de los quatro Elementos principios.

Segun los Sectarios de la segunda los elementos terreos son homogeneos por su naturaleza, pero heterogeneos por la diversidad de masas y configuraciones, y en su sentir los Cuerpos de naturaleza terrea se distinguen unos de otros ya por la diversidad de los elementos terreos que los componen, ya por la diferente combinacion de estos elementos terreos con los otros Elementos principios.

Es muy verosímil que haya muchas Especies de Elementos diferentes en la Masa del Aire como lo hemos ya indicado. (180.)

Consta por las bellas experiencias de Newton acerca de la Luz, que hay á lo menos siete especies diferentes de rayos en la masa de la Luz. (697.)

¿Pues porque y con que fundamento nos negarémos á admitir la misma diversidad en los Elementos que componen la Tierra elementar? ¿Si la Naturaleza ha hecho diferentes las moléculas del aire y las de la luz no habrá hecho tambien diferentes las de la Tierra, cuya diversidad parece mas necesaria para dar razon de los fenómenos que se observan en la prodigiosa variedad de los Cuerpos?

184. Nota. Fundados en estos principios y razones muchos Chîmicos dan diferentes divisiones del *Elemento terreo* dividiéndole por exemplo en tierra vitrificable, tierra arcillosa, tierra calcarea y tierra mercurial: divisiones generales que admiten otras muchas subdivisiones particulares.

I.° Se llama *Tierra vitrificable* la mas pura, mas simple, menos fusible y mas elementar de todas las substancias terreas, qual es la que compone el diamante y el cristal de roca perfectamente puros, sin color y sin olor.

Las piedras que se forman de esta tierra son mas duras que las otras, heridas con el azero arrojan fuego, y quando se las hiere unas con otras lo hacen tambien, pero en este caso es un fuego interior que no brilla á fuera en chispas, fenómeno que les es comun con el vi-

drio y la porcelana, y que parece un efecto de la Electricidad.

II.° Llámase *Tierra arcillosa* una especie particular de tierra que abunda mucho en todas partes, y que no fermenta con los Acidos, que embebe el agua, se infla con ella, y que se endurece sin vitrificarse ó calcinarse al fuego. Es verosimil que esta tierra á causa de su afinidad con el agua contribuya con ella bastante á la composicion de los Vegetales.

La Tierra arcillosa tiene bastante relacion con la Tierra marga, y ésta con la *vegetal* de quien resulta principalmente la formacion de varias especies de plantas, y que igualmente ella misma no es en gran parte mas que un resultado de la substancia de los vegetales anteriormente descompuestos y destruidos en su seno.

III.° Se llama *Tierra calcarea* toda especie de substancias terreas y petreas que expuestas á un grado de fuego suficiente toman los caracteres de cal-viva. En su calcinacion pierden parte de su peso y consistencia, porque la accion del fuego las quita una parte considerable del agua que entraba en su composicion. Pero como las últimas partes del agua quedan muy adherentes á la tierra se necesita un grado muy violento de fuego para hacérsela perder enteramente, y en esto es en lo que principalmente consiste la mutacion de las tierras calcareas en cal viva. La grande afinidad de la cal viva con el agua hace que la cal agarre el agua con mucha prontitud, y esto ocasiona en ella una fermentacion violenta y un calor sensible.

Las *Piedras calcareas* que son siempre menos duras que las vitrificables no arrojan fuego heridas con el acero quando están puras y sin mezcla.

IV. Becher llama *Tierra mercurial* á una substancia de naturaleza terrea que mezclándose con el flogístico ó principio inflamable compone las sustancias metálicas.

El célebre Buffon divide el *Elemento terreo* en dos clases generales: á saber en tierras vitrificables y tierras calcinables. La arcilla y el pedernal, la marga y la pie-

dra se pueden tener dice él, por los dos extremos de cada una de estas clases, cuyos intervalos llenan infinitos Mixtos que tienen todos por base una de estas dos especies de tierra.

EL FUEGO, PRINCIPIO DE LOS CUERPOS.

185. DESCRIPCIÓN. El Fuego se puede considerar en dos estados muy diferentes: en el primero, como libre, puro y que no hace parte de compuesto alguno. En el segundo como combinado, ó como que entra en qualidad de parte constituyente en la composicion de infinitos cuerpos. Considerado en el primer estado se le llama *Fuego elementar*; considerado en el segundo se le llama *Flogístico* ó parte inflamable.

I.º El Fuego puro ó *elementar* es un agregado de partículas de una materia simple, inalterable, infinitamente atenuada, puesta siempre, ó á lo menos siempre pronta á ponerse en movimiento. Este Elemento es el gran motor, el agente universal que anima y vivifica la Naturaleza.

Asi como á causa de la Atraccion general y especial todos los demas elementos y principios de los cuerpos tiran á unirse y quedar quietos, asi tambien mediante la accion del fuego estos mismos elementos y principios tiran al contrario á separarse y moverse.

Sin la accion del fuego se convertirian en masas sólidas todos los cuerpos liquidos y flúidos; pues la accion de este elemento que se introduce en mas ó menos quantidad en esta especie de cuerpos es la que destruye ó debilita infinitamente la tendencia recíproca de sus partes entre sí, y hace que la masa total conserve una movilidad respectiva en todas sus partes. Aun en los cuerpos sólidos la adherencia de las partes es otro tanto menor, quanto mayor es la quantidad que contienen de fuego elementar, introducido y movido en sus poros sin estar combinado con sus elementos.

De este conflicto eterno entre la accion del fuego

y la accion de la atraccion resultan infinitos fenómenos en la composicion y descomposicion de los cuerpos.

II.° Al modo que los otros tres Elementos, el agua, la tierra y el aire se combinan entre sí en virtud de sus afinidades, y con esta combinacion pierden su naturaleza; asi tambien el fuego puro ó elementar se combina con ciertos cuerpos en fuerza de su afinidad con ellos, y combinándose se desnaturaliza. De este modo está el fuego en los cuerpos combustibles, en donde no es fuego puro y elementar, fuego libre y en accion, sino fuego combinado y desnaturalizado, fuego unido y ligado con otras substancias, fuego privado de su fluidez y actividad natural: en una palabra *Flogístico*. (152 y 561.)

186. Nota. Los Físicos y Chîmicos estan divididos acerca de la naturaleza del Flogístico ó parte inflamable de los cuerpos.

I.° Unos siguiendo al célebre Sthal juzgan que el Flogístico no es mas que el fuego elementar, que aunque en su estado de agregacion está siempre en movimiento pierde esta qualidad en el estado de combinacion con otras substancias á quienes se une y queda adherente por su afinidad, y esta sentencia es la que hemos adoptado antes, y desenvolverémos y confirmarémos adelante.

II.° Otros con Boerhave sospechan que el Flogístico podria ser un *quinto Elemento primitivo* distinto del agua, ayre, fuego y tierra, é indestructible como ellos. Segun esta hipótesis la combustion de los cuerpos no aumentaria la masa del fuego elementar, y no haria mas que privar al flogístico elemento de las combinaciones que tenia en los cuerpos que se queman, y disponerle á entrar nuevamente combinado en las substancias semejantes que renueva sin cesar la Naturaleza

Los que adoptan esta idea acerca del Flogístico sospechan una especie de progresion entre los diferentes principios de los Cuerpos, á saber esta. La tierra es al agua, como el agua es al aire; como el aire al flogístico y como el flogístico al fuego elementar.

III.° En qualquiera hipótesis que se adopte acerca

de la naturaleza del Flogístico, sea que consista en el fuego elementar combinado con otras substancias, sea que constituya una substancia aparte, es verosímil que debe estar compuesto como lo estan el aire, la luz y el elemento terreo de moléculas de diferente especie, de las que unas tengan afinidad y otras no con los elementos de los varios cuerpos que componen la Naturaleza sensible, pues consta por la experiencia que los *Cuerpos combustibles* tienen bastante Flogístico, al paso que los incombustibles no tienen nada ó casi nada.

IV.° Sea la que quiera la naturaleza del Flogístico la Chîmia ha hallado el arte de separarle de ciertos Cuerpos, y unirle á otros. Las substancias que en su estado natural no tienen olor, color ni sabor adquieren casi siempre en mas ó menos alto grado estas qualidades por su union con el flogístico que se las comunica. Y en esto se fundan los Físicos y Chîmicos para tener al Flogístico por el principio de los colores, olores y sabores de todos los cuerpos.

PROPOSICION.

187. *Todos los Cuerpos que nos presenta la Naturaleza tienen por principios los quatro Elementos de los Chîmicos modernos, tierra, agua, aire y fuego, y estos elementos son homogeneos por su naturaleza, y heterogeneos por sus masas y configuraciones.*

DEMOSTRACION. La experiencia y la especulacion se unen de acuerdo para establecer y confirmar la verdad de esta proposicion, ó para dar á este Punto general y fundamental de toda la Física toda la claridad y certidumbre de que es susceptible. (178.)

I.° La Experiencia nos enseña que los varios cuerpos que la Naturaleza somete á nuestras analisis chîmicas por mas pruebas que les hagamos sufrir, no dan en último analisis mas que estas *quatro Especies de elementos*, los quales no se pueden descomponer en otros. Luego hay suficientes fundamentos para pensar y juzgar que

los varios cuerpos que la Naturaleza nos prefenta folo contienen eftas quatro especies de elementos, y que fus diferentes especies deben la naturaleza, efencia y variedad que tienen á la mezcla, combinacion y colocacion de eftos quatro Principios primitivos.

II.° La Especulacion nos enfeña que eftos *quatro Principios* homogeneos en su naturaleza, y heterogeneos en fus configuraciones y mafas baftan para dar razon de la admirable variedad de la Naturaleza. (144.) Luego para no multiplicar tontamente los Principios sin necesidad y sin razon, no se deben admitir en la Naturaleza otros principios que los quatro Elementos de los Chîmicos modernos. (L. Q. P. D.)

188. Corolario I. La *Materia de los cuerpos es una misma en todos ellos*, pues como hemos probado, la Materia de todos los cuerpos es homogenea y perfectamente femejante en naturaleza, y en quanto materia. (143.)

189. Corolario II. *La Forma de los cuerpos ó aquello por lo que una especie es diferente de otra, no es otra cosa que la diversidad de Accidentes que caracteriza á sus elementos*; es decir, no es mas que la diversidad ó de mafa, ó de configuracion, ó de movimiento, ó de afinidad que tienen eftos Elementos, pues que efta diversidad de Accidentes en los Elementos principios de los cuerpos bafta para dar razon de la admirable variedad que reina en la Naturaleza, y para hacer que una especie de cuerpos se diftinga efencialmente de otra. (144, y 145.)

190. Corolario III. *Las Qualidades sensibles de los Cuerpos como el olor, el color, el sabor, la amargura, la dulzura, el calor, la friura &c. tienen por cada cauſa no Qualidades ocultas inherentes á la materia, y distintas de su substancia y accidentes, sino únicamente una materia homogenea con diversos accidentes.*

Demostracion. No se puede concebir una *Materia homogenea* dividida en elementos inmenfamente variados en su mafa, configuracion, movimiento y adherencia sin concebir que efta materia por sí fola bafta pa-

para ocasionar en nosotros todas las diferentes sensaciones que se quieran.

Porque bien claramente se ve que los Elementos esféricos deben ocasionar otra sensacion que los Elementos angulosos: Que los que están en reposo deben igualmente producir distinta sensacion, que los que están en movimiento. Los que están adherentes entre sí, otra que los que no tienen union; y los mas gruesos y macizos diferente de la que pueden producir los mas sutiles y delicados, &c.

Luego en fuerza del Axîoma Filosófico, segun el que no se deben multiplicar las causas, principios y seres sin necesidad y sin razon, no debemos recurrir á las virtudes ó qualidades ocultas del Peripato que no pueden definirse ni concebirse para explicar las *Qualidades sensibles de los cuerpos*, que tan naturalmente se explican por sola la diversidad de sus accidentes.

Luego el azucar no es dulce, el axenjo amargo, la escarlata roxa, el hielo frio y el fuego caliente por alguna cosa que se distinga de la materia que compone estos diferentes Cuerpos y sus accidentes. (*Met.* 99, *y* 397.)

Luego solo en fuerza de una preocupacion y no de razon alguna imaginamos en estos Cuerpos algunas qualidades, virtudes ó modos de ser semejantes á las sensaciones que sus moléculas hacen nacer en nosotros por la diversidad de sus masas, configuraciones y movimientos. (L. Q. P. D.)

191. COROLARIO IV. *Los Vegetales no tienen como pensaban los Peripatéticos una Alma vegetativa distinta de la materia y sus modificaciones*, pues la experiencia y la observacion no nos muestran en las Plantas sean las que quieran otra cosa que movimientos locales dependientes de las Leyes generales de la Impulsion y la Atraccion, y enteramente conformes con las reglas generales de la Mecánica.

OBJECIONES Y RESPUESTAS.

192. Objecion I. De nueftros principios se sigue que las *varias especies de los cuerpos* folo se diftinguen accidentalmente unas de otras, fupuefto decimos que una especie no se diftingue de otra, el oro por exemplo del cristal sino á caufa de fus diverfos accidentes.

Respuesta. Los Cuerpos de diferente efpecie se distinguen efencialmente unos de otros; pues se diftinguen entre sí en tener una naturaleza efencialmente diferente en ambas efpecies, pero efta naturaleza efencialmente diferente en ambas efpecies puede refultar de un agregado de accidentes que en una de eftas efpecies fea totalmente diferente del agregado de accidentes que caracteriza á la otra.

Porque facilmente se concibe que un Cuerpo compuefto de elementos unidos y en quietud, aunque su fubstáncia fea homogenea se debe diftinguir asi en su naturaleza como en fus propiedades y efectos, de otro Cuerpo compuefto de elementos defunidos y en movimiento: Luego fola la diferiencia de accidentes bafta para que dos cuerpos tengan una *naturaleza y esencia diferente*.

Para evitar toda equivocacion en efta materia es necefario no confundir la Forma efencial de la Materia con la Forma efencial de los Cuerpos.

I.° Yo llamo *Forma esencial de la Materia* aquella propiedad por la qual la materia se conftituye materia, por la qual la materia se diftingue de todo lo que no es materia; es evidente que efta propiedad de la materia no depende de los accidentes de que acabamos de hablar. Porque se concibe mui bien que un elemento cúbico no dexará de fer materia aunque se haga esférico ó piramidal, ni un elemento en quietud dexará de fer materia aunque adquiera movimiento, ni tampoco dexará de ferlo un elemento folo porque se combine con otro elemento femejante ó defemejante.

En otra parte hemos hecho ver, que por mas que los Filófofos se han exforzado á averiguar que es efta Forma

esencial de la materia, no han podido llegar á penetrarlo. (Met. 909.)

II.° Yo llamo *Forma esencial de los Cuerpos* considerándolos en un estado de agregacion y combinacion, aquella propiedad caracteristica por la que un Compuesto se distingue de otro, y digo que esta propiedad resulta simple y únicamente de que el agregado de accidentes no es el mismo en las dos especies diferentes de cuerpos.

Este *Agregado de accidentes* es accidental á la materia del compuesto ó á los elementos que forman este compuesto, pues que la materia del compuesto puede perder este conjunto de accidentes sin dexar de ser materia, pero este conjunto de accidentes es esencial al compuesto como compuesto, como tal cuerpo; pues este compuesto no puede perder este conjunto de accidentes sin dexar de ser tal compuesto tal cuerpo.

La *diversidad de la Materia* tiene por causa y raiz la diferiencia de masas y configuraciones que están indestructiblemente afectas á sus elementos primitivos. (145.)

La *diversidad de los Cuerpos* ó de los compuestos tiene por causa y raiz la diferente mezcla, la diferente colocacion, la diferente combinacion, la diferente afinidad, el diferente movimiento, quietud, situacion y contigüidad de elementos unidos en un mismo Todo.

193. Objecion II. El Sentimiento experimental nos enseña que hay un calor real en un tizon ardiendo, una amargura real en una hoja de axenjo, y una dulzura real en un terron de azucar. La razon nos enseña que lo que sentimos en el fuego, en la azucar, y en el axenjo no se parece á la materia, ni á sus accidentes. Luego hay realmente en los Cuerpos *Qualidades sensibles* distintas de la materia y de sus accidentes.

Respuesta. I.° El sentimiento experimental nos enseña que un tizon ardiendo, una hoja de agenjo, y un terron de azucar son cuerpos capaces de hacer nacer en nosotros tal y tal sensacion, pero él no nos dice que haya en estos cuerpos alguna cosa que se parezca ni mucho ni poco á nuestras sensaciones. (Met. 357.)

II.° La Razon nos enseña que la fensacion de calor, amargura y dulzura no se parecen en nada á la materia ni á los accidentes de la materia, porque eftas fenfaciones no fon otra cofa que unas modificaciones efpirituales de nueftra alma. Pero la razon no nos dice que haya en el fuego, en el azucar, y en el agenjo alguna qualidad, algun modo de fer ó alguna cofa de la que nueftra fenfacion fea la expresion é imágen, antes bien nos enfeña que los cuerpos pueden ocasionarnos las diferentes fenfaciones que experimentamos en fuerza únicamente de las diferentes impresiones que hacen fobre nueftros órganos, y que la diversidad de fus accidentes es fuficiente por sí fola para diversificar al infinito eftas impresiones. (190.)

194. Objecion III. Hay Plantas tales, como la *Sensitiva* que parece que tienen Sentimiento: luego la opinion de los Peripatéticos que dan á las plantas un alma diftinta de la materia y de fus acidentes, no es acafo tan mal fundada como se pienfa.

Respuesta. La *Sensitiva* fegun Tournefort es una planta que arroja un folo tallo principal de pie y medio de alto y que cerca de la tierra se divide en muchas ramas; es leñofa, reluciente, y eftá cubierta como tambien fus ramas de ojas larguitas, lifas, eftrechas, y del un lado puestas á pares, y eftas se aproxîman una á otra quando se las toca, y se apartan despues como fucede con las ojas de un libro, que se abre despues de haberle cerrado. Hay otras muchas especies de Sensitivas. En Toqué cerca de Panamá en el Ifthmo de la América hay campos enteros cubiertos de efta especie de hierva ó planta.

El Fenómeno de que aqui se trata parece que proviene de la Electricidad. Quando se mueve la mano hácia la Sensitiva fale del feno de efta planta un torrente de materia que tiene su curfo hácia la mano que se le prefenta, y que imprime á las hojas flexîbles de donde fale, la misma direccion de movimiento que lleva. Las demas plantas no prefentan el mismo fenómeno, porque no tienen como efta una materia efluente que tenga una tendençia natural hácia el cuerpo humano.

195. Objecion IV. El Polipo tiene sin duda una alma diſtinta de la materia y de ſus accidentes. ¿Porque las otras plantas no tendrán tambien una alma ſemejante aunque no se nos den á conocer de un modo igualmente ſensible?

Respuesta. El *Pólipo* es una produccion de la Naturaleza, que los Naturaliſtas habian tenido por una simple planta, y que los Señores Trembley, Reaumur, y Jussieu han juzgado que es un animal aqüático. Le dan el nombre de Pólipo porque ſus cuernos se parecen al animal marino que tiene eſte nombre. Se puede ver en nueſtro Curſo completo de Metafísica á los números 1331. y 1333. la idea que se debe formar asi de los Pólipos como de las demas especies de Zoophytos.

I.° Es baſtante verosimil que el Pólipo no es mas que una planta singular cuyas partes ſon todas capaces de formar y contener ſemillas reproductivas de sí mismas, y de ſervir á eſtas ſemillas como de ſuelo fecundo en que puedan eſtenderſe y deſenvolverſe en una prodigioſa abundancia y con una rapidez aun mas prodigioſa.

II.° Si se insiſte en que el Polipo forzoſamente ha de ſer una especie de animal mas ó menos perfectamente organizado, mas ó menos dotado de ſensibilidad tendrémos únicamente una especie mas en el género animal, y una especie menos en el género vegetal, lo que no muda en nada las ideas generales que se tienen de eſtos dos géneros.

Si es un animal, tendrá una Alma diſtinta de la Materia y ſus accidentes como tienen los demas Brutos.

Si no es mas que una simple planta, no tiene ciertamente necesidad para vegetar y reproducirſe de las formas ſubſtanciales del Peripato. (157.)

SECCION SEGUNDA.

PROPIEDADES DE LOS CUERPOS.

196. Definicion. Llámanse *Propiedades de los Cuerpos* su modo propio de exîſtir y obrar, en lo que se incluyen asi las qualidades que los confunden como las que los caracterizan en ſus géneros y especies. Entre eſtas Propiedades de los cuerpos ó entre eſtos modos de ſer y obrar:

I.° Hay unas que ſon comunes á todos los cuerpos, y que parecen inſeparables de su eſencia aunque no la constituyen, como ſon la movilidad, extension, impenetrabilidad, exîgencia de figura y lugar, pues que no se puede concebir cuerpo alguno sin eſtas qualidades, las quales con todo no conſtituyen su eſencia inmudable. (*Met.* 128. y 911.)

II.° Hay otras que ſon igualmente comunes á todos los cuerpos, pero que no ſon abſolútamente inſeparables de su eſencia, y asi se conciben los mismos cuerpos los mismos Todos materiales aunque se les conciba sin eſtas qualidades. De eſta eſpecie ſon la gravedad, la porosidad, la dilatabilidad y la condenſabilidad.

III.° Otras hay que convienen á cierto número de especies de cuerpos y no á otras de eſta claſe, como ſon la elasticidad, la ſolidez y la fluidez.

IV.° Otras hay en fin que ſolo ſon comunes á los individuos de una misma especie, ó que convienen á una especie ſola sin convenir á otra alguna, tal es la propiedad de transmitir el ſonido en las moléculas del aire: la de calentar y quemar en la materia ignea: la de dar á los ojos la ſenſacion de roxo en la especie roxa de rayos de luz: la de dar al guſto tal ſenſacion de amargura en el Axenjo, &c.

V.° Hay pues en los Cuerpos *Propiedades específicas* que no convienen mas que á una ſola especie de cuerpos; y *Propiedades generales* que convienen á todos los cuerpos ó á muchas eſpecies de cuerpos.

Darémos á conocer las primeras en los Tratados particulares de esta Obra, por exemplo las propiedades específicas del aire en la Teoría del aire; las propiedades específicas de la luz en la Teoría de la luz, y asi de las restantes propiedades particulares de los cuerpos.

Por lo que toca á las últimas, elegirémos aqui las que piden alguna explicacion y desenvolvimiento, quales son la porosidad, compresibilidad, solidez, fluidez, elasticidad, y gravedad para tratar de ellas en esta segunda Seccion; con lo que terminarémos la Teoría general de los Cuerpos.

ARTICULO PRIMERO.

PROPIEDADES DE LOS CUERPOS.

Al principio de esta Obra explicamos bien claramente que idea se debe formar de los *Poros* de los Cuerpos: convendrá que nuestros Lectores traigan aqui á la memoria esta idea preliminar. (10.)

PROPOSICION I.

197. *Todos los Cuerpos sometidos á nuestras experiencias son porosos.*

Demostracion. La generalidad de esta proposicion se inferirá por un *Juicio de analogía,* de las varias experiencias que prescribirémos ó referirémos hechas en varias especies de cuerpos.

I.° *La Madera es porosa.* Encima de un vaso cilíndrico de vidrio, bastante largo y abierto por ambos lados póngase otro vaso de madera perfectamente unido al cilindro, y lleno de agua; sáquese despues el aire contenido en el cilindro por medio de una máquina Pneumática. (*Fig.* 81.)

Hecho esto se verá el agua pasar por entre el vaso

de madera y caer poco á poco en gotitas dentro del Cilindro. Luego la Madera tiene poros ó agujeritos capaces de dar paſo al agua.

II.° *La Piel de los animales es porosa.* Si encima del miſmo cilindro en lugar del vaſo de madera se pone en los miſmos términos una eſpecie de vaſo ó recipiente hecho de una piel de Becerro ó de Carnero, y lleno de mercurio, y se ſaca igualmente el aire por medio de una máquina pneumática.

Se verá el mercurio colar y caer por entre la piel como una pequeña lluvia de plata. Luego eſta piel eſtá llena de agujeros como una criba. Por medio de eſtos poros es por donde se hace la *Transpiracion* en los animales y vegetales.

III.° *Los Metales son porosos.* Todos los metales pueden ſer diſueltos mediante el agua fuerte ó el agua regia: luego los metales tienen por todas partes poros que dan entrada á eſtos licores á lo interior de su ſubſtancia. (111. y 113.)

IV.° *El Agua, el Aire, el Diamante, el Cristal de roca* ſon poroſos; pues como vemos todos los dias, dan por todos lados paſo libre á la luz.

V.° *El Mármol es poroso*, pues se dexa penetrar por el eſpíritu de vino y trementina, y á ciertos mármoles blancos se les dan interiormente colores artificiales é inamisibles con los que imitan á los mármoles de varios colores que la Naturaleza produce. (L. Q. P. D.)

PROPOSICION II.

198. *Los Poros no son de una misma figura y grandor en todos los cuerpos.*

DEMOSTRACION. I.° Hay cuerpos que dan paſo al agua y al aire, como ſon la madera, la cáſcara de huevo y la piel de los animales. Hay otros que no dan paſo al agua ni al aire como el vidrio, el criſtal de roca, el oro, la plata y el mármol; luego los poros de eſtos cuerpos no ſon de una miſma figura y grandor.

II.°

II.° Quando se exâminan con un microfcopio las fecciones mui angoftas de varios cuerpos, se defcubren palpablemente diferencias baftante considerables entre las figuras y grandores refpectivos de fus poros: luego hay realmente entre los poros de los cuerpos diferencias de figura y de grandor.

III.° Es conftante que el corcho tiene baxo de igual volúmen mayor fuma de poros que la encina, pues que la encina es mas pefada que el corcho. Es ademas constante que los poros del corcho fon mas pequeños que los de la encina, pues el corcho es mas á propósito que la encina para impedir la evaporacion de los licores espirituofos y capaces de fermentar: luego los poros de la encina y del corcho fon mui diferentes entre sí.

Luego tambien en dos cuerpos de desigual densidad la multitud de poros puede compenfar su grandor. (L. Q. P. D.)

199. Corolario. De la Teoría que acabamos de dar de la Porosidad de los cuerpos se sigue

I.° *Que aun en los Cuerpos mas sólidos, mas compactos y mas pesados no es todo materia*, pues hay entre los elementos que forman eftos Cuerpos poros y vacíos sin número, de diverfa figura y grandor. El oro á pefar de fer el mas pefado y compacto de todos los cuerpos conocidos tiene verosimilmente mas vacío que materia.

II.° Que si un cuerpo mui compacto y pefado como el oro, tiene baftante vácio, *un Cuerpo mucho menos pesado y compacto como el agua, tendrá mucho mas.*

III.° Que fuponiendo que toda materia es pefada, como demoftrarémos en otra parte (243.); *la quantidad de materia que forma dos Cuerpos de igual volúmen es proporcional á su peso.*

Asi una pulgada cúbica de oro que pefa casi diez y nueve veces y media mas que una pulgada cúbica de agua, tendrá casi diez y nueve veces y media mas materia y menos vacíos que el agua.

IV.° Que en la Teoría de los Cuerpos es necefario distinguir exáctamente eftas tres cofas; la Mafa, el Volúmen

y la Densidad. Darémos ideas claras y precisas de estos tres objetos.

MASA, VOLUMEN, DENSIDAD, EN LOS CUERPOS.

200. Definicion I. La *Masa de un cuerpo* es la quantidad de materia gravitante que contiene, sea el que se quiera su volúmen. Y asi la quantidad de la masa se determina por la quantidad del peso.

La masa de una libra de lana es igual á la masa de una libra de plomo, porque en uno y otro cuerpo hay igual cantidad de materia gravitante.

201. Definicion II. El *Volúmen de un cuerpo* es la quantidad de espacio que ocupa, sea la que quiera su masa, y asi la quantidad del volúmen es el producto de las tres dimensiones á lo largo, á lo ancho y á lo hondo.

Un pie cúbico de aire es igual en volúmen á un pie cúbico de plomo, porque aunque estos dos cuerpos tienen diferente masa ocupan igual espacio.

202. Definicion III. La *Densidad de un cuerpo* es la proxîmidad de sus moléculas, ó la relacion de su masa á su volúmen, de suerte que quanto mayor sea la masa y menor el volúmen, mayor es la densidad.

I.° Y asi la densidad de un cuerpo es el *Quociente* de la masa dividida por el volúmen; y de consiguiente para estimar la *relacion de Densidad* entre dos cuerpos, divídase en uno y otro la masa por el volúmen, y los qüocientes expresarán sus densidades respectivas.

Por exemplo: una libra de agua tiene un volumen casi diez y nueve veces y media mayor que una libra de oro. Dividiendo estas dos masas iguales por sus volúmenes respectivos se tendrán dos quocientes que expresarán la densidad del agua y del oro, y se sacará que la densidad del agua es á la densidad del oro casi como uno á diez y nueve y medio.

II.° La Densidad de un cuerpo determina su *Pesantez específica*, ó la pesantez que le es propia que distingue y caracteriza su especie, y no conviene á las demas. Esta Pesantez específica es el *Quociente del peso absoluto* dividido por el volúmen.

Siendo igual el Volúmen de muchos cuerpos ſólidos y líquidos, por exemplo, siendo de un pie cúbico ó de una pulgada cúbica, *sus pesanteces específicas serán entre sí como sus pesos absolutos*, porque siendo los mismos los volúmenes que ſon los diviſores, los quócientes que expreſan las peſanteces específicas ſon neceſariamente entre sí como los Dividendos que ſon los peſos abſolutos. (*Math.* 165.)

Por exemplo si un pie cúbico de agua llovediza peſa 70. libras, y un pie cúbico de azogue 951., la densidad y peſantez específica del agua ſon á la densidad y peſantez específica del azogue como 70. á 951. ó como 1. á 13. y $\frac{1}{2}$ y un poco mas.

CONDENSACION Y COMPRESION DE LOS CUERPOS.

203. OBSERVACION. Conſta por muchísimas experiencias que *permaneciendo la misma la masa de un cuerpo*, puede su volúmen crecer y descrecer notablemente, y de consiguiente que la Densidad de eſte Cuerpo que es la relacion de su maſa á su volúmen puede tambien crecer y descrecer del mismo modo.

I.° Quando permaneciendo la maſa la misma, el volúmen se hace mayor, la Densidad se disminuye; y eſto es lo que se llama en un cuerpo *Dilatacion.*

II.° Quando permaneciendo la maſa la misma, el volúmen se hace menor, la Densidad se aumenta; eſto es lo que llamámos *Condensacion ó compresion.*

III.° La Densidad de un cuerpo puede crecer de dos modos diferentes: á ſaber

O por la ſalida de un Fluido que interpueſto entre ſus partes las impedia aproxîmarle y unirſe ſegun toda su tendencia natural, y eſto se llama Condenſacion;

O por la accion de una Fuerza eſtraña que impeliendo las partes del cuerpo ſólido las obliga á aproxîmarſe mas unas á otras, y eſto se llama Compresion.

En la Condenſacion y Compresion la cauſa es pues diferente, pero el efecto es siempre el mismo, á ſaber la aproxîmacion de las partes del cuerpo y el aumento de Densidad.

PROPOSICION III.

204. *Todos los Cuerpos sólidos, líquidos y fluidos se condensan y dilatan; no asi los Elementos primitivos de los cuerpos, pues estos parecen inalterables.*

Demostracion. I.° Es facil hacer ver la *posibilidad de la Condensacion y Dilatacion en todos los Cuerpos;* porque todos ellos tienen poros ó vacíos interpueſtos entre ſus elementos ſólidos. Donde hay poros ó vacíos interpueſtos entre partes ſólidas puede haber aproxîmacion entre dichas partes; y por tanto una condenſacion, y ceſando éſta una verdadera dilatacion. Luego la Condenſacion y Dilatacion ſon evidentemente posibles.

II.° La *exîstencia de la Dilatacion y Condensacion* eſtá ſensiblemente demoſtrada por la experiencia tanto en los Sólidos como en los Líquidos y Fluidos: por exemplo,

En primer lugar, una barra de hierro, de bronce ó de azero se disminuye ſensiblemente en longitud, latitud y grueſo, quando paſa de un grado excesivo de calor á otro de frio excesivo. Lo mismo ſucede al mármol, al oro, á la plata y á todos los cuerpos ſólidos, cuyo volúmen se aumenta mas ó menos ſensiblemente por el calor y disminuye por el frio. Luego *en los Sólidos* se verifica la Condenſacion y Dilatacion.

En ſegundo, una vegiga llena de aire y bien eſtirada en el Eſtío, se pone floxa y arrugada en el Invierno, y vuelto el Eſtío pierde ſus arrugas y vuelve á tomar ſu tension á medida de que el aire que tiene se dilata ó condenſa. Luego *en los Fluidos* se verifica la Condenſacion y Dilatacion.

En fin, un Líquido, ſea el que se quiera, encerrado en un termómetro ſube y baxa alternativamente ſegun el diferente temple de la Atmósfera á que se halla expueſto. Luego el Licor encerrado que siempre es el mismo, se aumenta ó disminuye alternativamente en volúmen, y padece ſucesivamente una condenſacion ó una dilatacion: luego *en los Líquidos* se verifica la Condenſacion y Dilatacion. L. Q. P. D.

PROPOSICION IV.

205. *Los Cuerpos sólidos y aun los mas duros que conocemos son todos susceptibles de Compresion.*

Demostracion. I.° Una masa de hierro, de cobre, de oro ó de plata pierde quando se la machaca una parte muy considerable de su volúmen, freqüentemente sin perder nada de su peso y siempre sin perder una parte del proporcional á la de su volúmen: luego estos cuerpos se comprimen: luego son compresibles.

La misma *Compresibilidad* se experimenta singularmente en el Box. Una bola de mallo al principio muy voluminosa, se hace muy pequeña poniéndola en los moldes y exponiéndola á golpes de los martillos que la comprimen, y conserva con corta diferencia su peso primitivo despues de esta operacion.

II.° Si se dexa caer de una altura bastante considerable una Bola de mármol ó marfil sobre un plano horizontal de mármol ó de acero que esté ligeramente dado de cera, ó untado de aceyte se observará en la bola despues de su caida un pequeño círculo encerado ó untado, y este círculo será tanto mayor quanto de mayor altura hubiere caido la bola.

Sobre esta experiencia discurro de este modo. Es evidente que esta bola no puede tocar al plano mas que en un punto sin que haya una compresion real y verdadera. El círculo encerado ó untado que se ve en la bola presenta vestigios de un contacto bastante extenso. Luego es preciso que haya habido una compresion real y verdadera ó en la bola, ó en el plano, ó en ambos á un tiempo.

III.° Como todos los *Cuerpos duros y sólidos* que están sujetos á nuestras experiencias son susceptibles de compresion, se sigue por un juicio de analogía que todos quantos Cuerpos duros y sólidos exîsten son igualmente susceptibles de ella. (L. Q. P. D.)

PROPOSICION V.

206. *Los Líquidos, aunque susceptibles de Condensacion, no lo son de Compresion.*

Demostracion. Probarémos esta proposicion con solas dos experiencias convincentes, aunque pudiéramos valernos para ello de otras muchas que por desear la brevedad y aborrecer la redundancia nos parece conveniente omitir, advirtiendo que lo que vamos á decir del agua se puede con igual razon decir del vino, la cerbeza, el aceite, el mercurio y de otro qualquiera Líquido.

207. Experiencia I. Sea un *Globo hueco* hecho de una chapa de cobre bastante delgada: llenésele de agua, y despues de haberle cerrado herméticamente comprímasele con un tornillo ó de qualquiera otro modo. Hecho esto, el globo cede y se aplana un poco, y si se le oprime con alguna fuerza el agua encerrada sale en forma de rocío ó lluvia menuda por los poros entre-abiertos de toda su superficie. Sobre lo qual pueden hacerse las observaciones siguientes:

I.° La Geometría nos enseña y demuestra que de todas las Figuras de igual périmetro el círculo es la mayor, y por consiguiente que como compuesta toda de planos circulares tiene mayor solidez si está llena, y mayor capacidad si está vacía que ninguna otra Figura de igual superficie. (*Math.* 626.)

El pequeño aplanamiento que padece el globo de que acabamos de hablar, antes de dexar salir el agua encerrada en su capacidad parece á primera vista que prueba que el agua encerrada en él se comprime, pues mudando el globo de figura se reduce al parecer á menor capacidad sin perder todavia nada del líquido que contiene.

II.° Pero si despues de que el globo ha sido aplanado por la operacion anterior sin perder nada de su líquido, se extrahe el agua que encierra y se le echa otra nueva, se halla que á pesar del aplanamiento del globo que deberia haber disminuido su capacidad contiene precisamente la misma quantidad de agua que antes. De lo

que se infiere que no se ha disminuido el volúmen del agua, sino que por el contrario se ha aumentado la capacidad del globo extendiéndose por su ductilidad en fuerza de la presion que ha padecido.

La verdad de esta conseqüencia se hace sensible quando se aumenta la presion. Las pequeñas gotas de agua que se ven salir por todos los puntos de la superficie del globo no pueden escaparse sino en virtud de la extension de los poros, y de consiguiente de la extension del mismo metal que adquiriendo mayor superficie adquiere necesariamente mayor capacidad en su parte dilatada.

III.° Supuesto pues que el agua resiste eficazmente á qualquiera fuerza mecánica que intenta comprimirla, y que dilata y entreabre los vasos que la encierran á medida y proporcion de que una fuerza exterior intenta minorar su volúmen; se sigue que el agua debe ser un Cuerpo incompresible, capaz de resistir á todos los exfuerzos que las fuerzas mecánicas pueden hacer para comprimirla ó hacerla perder parte de su volúmen. Y lo mismo se puede decir de otro qualquiera líquido.

208. EXPERIENCIA II. Sea un *Tubo de vidrio* A B C D encorvado á modo de Sifon, y suspendido verticalmente. Echese en él una corta quantidad de mercurio, la qual se pondrá á nivel de una y otra parte en B y C Llénese despues de agua la capacidad D C y ciérrese herméticamente la extremidad D. Llénese despues de esto de mercurio la parte del tubo B M ó B A á la altura que se quisiere de 30. 50. 100. pulgadas. Se verá que sea el que fuere el peso de la columna de mercurio A B el agua ocupará siempre el mismo espacio C D. (*Fig.* 8.)

Sobre lo qual razono de este modo. Si el Agua fuera capaz de padecer compresion, la pequeña quantidad de ella C D oprimida por todo el peso de la columna de mercurio A B se retiraría del punto C hácia D. Es asi que por grande que sea la columna de mercurio que carga sobre ella no dexa el punto C sino que siempre ocupa el mismo espacio D C. Luego el agua no es capaz de padecer compresion. Luego es incompresible.

Si se practica la mifma experiencia con la cerveza, el vino, el aceite, ó con otro qualquiera líquido, siempre se hallará que eftos líquidos aunque oprimidos por el pefo de una columna qualquiera de mercurio no padecen difminucion alguna de volúmen. Luego no padecen compresion alguna; luego fon incompresibles. (L. Q. P. D.)

209. Objecion. ¿Siendo el Agua un cuerpo fumamente porofo porque no ha de fer compresible? Ademas Boyle pretende haber hallado en fus experiencias algunas feñales de compresibilidad en el agua. Luego no es cierto que fea incompresible; Luego tampoco es cierto que los demas Líquidos lo fean.

Respuesta. I.° Es mui inútil en materias de Física oponer raciocinios contra la experiencia. Ninguna razon Metafísica puede debilitar lo que la vifta defcubre y demueftra.

II.° No foftenemos nofotros que el agua es abfolútamente incompresible en sí mifma, folamente decimos fundados en la experiencia que su resiftencia á la compresion ha vencido hafta el prefente todos los exfuerzos que se han hecho para comprimirla.

III.° Como se han repetido mil veces las experiencias de Boyle sin defcubrir en el agua feñal alguna de compresibilidad se ha creido y con razon que las que él penfó haber hallado deben atribuirfe ó á la ductilidad de los metales en que encerraba el agua ó á la pequeña quantidad de aire que se introducia en los vafos de que se fervia para hacer fus experiencias.

La Teoría de la Dilatacion y Condenfacion nos conduce naturalmente á la explicacion de los fenómenos del Termómetro y Pirómetro. (*)

CONS-

(*) Etimologia. Termómetro, *mensura caloris*: de θερμη *calor*, y de μετρέω, *metior*. Pirómetro, *mensura ignis*, de πῦρ, *ignis*, y de μετρέω *metior*.

CONSTRUCCION Y USO DEL TERMOMETRO.

210. OBSERVACION. El *Termómetro* es un Inftrumento que sirve para medir la precifa quantidad del calor y frio. Es uno de los mas bellos defcubrimientos de la Física moderna, y cuya perfeccion se debe al célebre Reaumur.

Antes de efte famofo Físico habia Termómetros mas ó menos exâctos; pero cada Termómetro fervia únicamente para folo aquel Obfervador que obfervaba con él, sin que le fuefe posible comunicar á otro fus obfervaciones, no teniendo eftotro á la vifta el mifmo Termómetro con que habian sido hechas. Porque no habia *Punto fixo* para valuar lo que debia entenderfe por un grado de dilatacion y condenfacion.

Reaumur emprendió hacer *Termómetros de Comparacion* cuyo lenguage fuefe capaz de fer entendido del mismo modo en todo el Mundo, y lo consiguió efectivamente. Darémos á conocer claramente y en pocas palabras fobre que principios científicos eftá conftruido efte útil Inftrumento. (*Fig.* 10.)

211. CONSTRUCCION I. Sea una bola hueca de vidrio A que tenga á la parte fuperior un canal cilíndrico A B de una capacidad mui pequeña y perfectamente igual en toda su longitud. Llénefe efta bola y el canal hafta cierta altura D de mercurio mui puro, y despues de haber tenido la bola en agua hirviendo para hacer falir de ella el mercurio fuperfluo que pueda tener, ciérrefe herméticamente en B el pequeño canal cilíndrico no dexando dentro nada de aire en quanto fuere posible.

Cerrar *herméticamente* un vafo es cerrarle de fuerte que el aire no pueda de ningun modo introducirfe en él.

II.° Métafe por efpacio de media hora entre nieve ó hielo apilado la capacidad A D llena de mercurio. *Condensándose* el mercurio baxará en el canal hafta el punto C que se feñalará atando allí un hilo. Efte *Punto* se llama el de *Congelacion.*

III.° Póngase despues este mismo instrumento lentamente y poco á poco en agua hirbiendo de tal suerte que se cubra toda la parte en que está el mercurio con corta diferencia. *Dilatándose* entonces el mercurio subirá en el canal hasta el punto fixo B que se señalará igualmente con un hilo. Este *Punto* se llama el de *agua hirviendo.*

IV.° Divídase en fin exâctamente con un compas el espacio B C que media entre el punto de congelacion y el de agua hirviendo en 80. partes iguales que se llaman *Grados*, y que se señalarán claramente en un papel al lado del canal cilíndrico. E igualmente divídase en otros 80. grados exâctamente iguales el espacio que resta desde el punto de congelacion hasta la bola poco mas ó menos, los que asimismo se señalarán en el papel. Hecho esto se tendrá un *Termómetro de Comparacion* que señalará fielmente el temple que tenga el lugar en que se hallare colocado.

En lugar de dividir en 80. grados el espacio que media entre el punto de congelacion y el de agua hirviendo, se podria usar de otra qualquiera division. La de 80. grados ha sido preferida por Reaumur y adoptada por los mas de los Físicos, sin duda porque dando grados mas sensibles admite mas divisiones por mitades como en 40, 20, 10, 5, lo que hace la gradacion mas exâcta y facil.

Con lo que vamos á decir en las Notas siguientes se acabará de conocer completamente la Teoría del Termómetro de Comparacion.

212. Nota I. *El Mercurio* tiene por sí mismo en todos los paises del Mundo igual disposicion á condensarse ó dilatarse baxo de un grado igual de calor ó de frio.

Luego la quantidad de calor que excediendo al grado de congelacion dilatare en Francia el mercurio una octogésima parte de la dilatacion que necesita tener para tocar al punto del agua hirviendo causará igual dilatacion en la China, en el Canadá, en el Brasil, y dará un grado mas arriba del punto de congelacion en estas Regiones del mismo modo que en Francia.

Luego por la mifma razon un grado determinado de frio, que excediendo el frio del hielo apilado, condenfare en Francia el mercurio diez octogésimas ó diez grados le condenfará igualmente en Turquía y en Siberia, y dará fixamente en todos eftos paifes diez grados mas abaxo del grado de Congelacion.

No es necefario que en los Termómetros de comparacion las bolas fean proporcionales á la capacidad de los tubos cilíndricos refpectivos, á cuyo lado se feñalan los grados. Aunque los cilindros fean desiguales en capacidad siendo las bolas iguales, los grados tendrán mayor extension en el tubo mas angofto y menor en el mas ancho; pero ambos tubos feñalarán fielmente la quantidad de condenfacion ó dilatacion, porque fus grados comparativamente mas ó menos diftantes uno de otro siempre fon 80. de la dilatacion total que padece el mercurio para pafar desde el punto de congelacion hafta el de agua hirviendo que fon los dos puntos fixos é invariables desde donde empieza la division en todos los Termómetros.

213. Nota II. Confta por millares de experiencias que el *Agua de lluvia ó fuente* llega al punto de hervor en una vasija abierta con un grado de calor uniforme en toda la tierra. Luego efta agua hirviendo debe producir en el mercurio una dilatacion uniforme en todas partes.

I.° Efta agua en dando dos o tres hervores adquiere el mas alto grado de calor á que puede llegar en una vasija abierta, y por mas que siga despues hirviendo aunque fea por efpacio de dos ó tres horas no hace mas que confervar el mismo grado de calor. Sin duda porque las partículas aqüeas quando han adquirido todo el calor de que fon fufceptibles en una vasija abierta se evaporan y fubstraen á la accion del fuego que no puede acumularfe en ellas. *El Agua en vasija cerrada* es fufceptible de un grado de calor acumulado que puede llegar hafta el de incandefcencia.

II.° El *Agua del mar* en el eftado de hervor en vasija abierta tiene mas calor que la de fuente, el aceite

mucho mas que el agua del mar, y el mercurio incomparablemente mas que el aceite. Segun las obſervaciones de un Académico de Leon el Termómetro que pueſto á prueba de hielo apilado y agua comun hirviendo ſube á 80. grados, metido en agua del mar hirviendo ſube á cerca de 82, y en el mercurio tambien hirviendo á 172.

214. Nota III. Conſta igualmente por la experiencia que el hielo apilado tanto en Eſtío como en Invierno tiene un grado igual de frio en todos los parages del Mundo. Debe pues producir en todas partes igual condenſacion en el mercurio.

Asi la uniformidad de calor en el agua hirbiendo, y de frio en el hielo apilado proporcionan (como se ve) el medio de conſtruir *Termómetros de comparacion* ſegun el método que hemos expueſto. Las Regiones que carecen de nieve y de hielo tienen granizo; y éſte hace el mismo efecto que el hielo apilado, el qual tambien tiene la misma intension de frio que la nieve. Puede pues qualquiera en todo el Mundo con ſuma facilidad hacerſe con Termómetros de comparacion que en qualquiera pais que eſtén conſtruidos den las mismas medidas de frio y de calor, ſea que se haga uſo de ellos en la Zona Tórrida, ſea que se uſe de ellos en la Frígida, y cuyas medidas ſean de consiguiente entendidas y capaces de ſer comparadas en todos los paiſes del Mundo.

Para averiguar el temple de la Atmósfera debe un Termómetro de comparacion eſtar pueſto al norte, á la ſombra y al abrigo de qualquiera reverberacion que pueda alterar ſensiblemente el temple del aire que le rodea. El mayor grado de frio es por lo comun el que hace en el inſtante que el Sol va á ſalir, y el de calor el que hace hácia las dos ó las tres de la tarde.

Mientras que el mercurio se ſoſtiene encima del punto de congelacion el agua no se hiela, pero si llega á baxar haſta eſte punto al inſtante empieza á helarſe, á menos de que no se lo impida la agitacion del viento ó alguna otra cauſa externa.

En los grandes frios baxa el mercurio mucho mas

abaxo del punto en que le fixa el hielo apilado. En 1709 durante aquel frio tan intenſo que deſoló la Europa, baxó en Paris 15 grados y $\frac{1}{4}$ mas abajo. En las Regiones ſeptentrionales, en Laponia, en Noruega, en Siberia baxa bien freqüentemente por el hibierno haſta 40 ó 50 grados mas abaxo del punto de congelacion, de ſuerte que eſtas Regiones experimentan habitualmente cada año un frio dos ó tres veces mayor que el que en 1709 se experimentó en Francia y hemos viſto repetir en 1767, 68 y 76.

Lo que no es menos de admirar, es que en las Regiones abraſadas de la Zona Tórrida, si se exceptua el Senegal y algunos otros parages de la Africa, en los mayores calores del Eſtío no ſube el Termómetro mas que en Roma, Marſella y otras muchas Ciudades de la Europa: lo que prueba que los intolerables calores de eſta Zona ſon mas moleſtos por su continuacion que por su intension.

215. Nota IV. Sobre los mismos principios y por el mismo método se hacen tambien Termómetros de espíritu de vino y de otros licores ſemejantes, á quienes se da el color que se quiere.

Pero se ha obſervado que eſtos licores padecen á veces ciertas fermentaciones interiores: lo que hace que ſemejantes Termómetros no correspondan en eſtas circunſtancias al grado exterior de frio que deberian ſeñalar. Por eſta razon se prefiere á los licores el mercurio que no padece ſemejantes fermentaciones.

Un Termómetro bien hecho le tienen todos los Físicos por una regla ſegura é infalible para averiguar, como es neceſario en infinitas experiencias, el grado fixo de calor y de frio que se quiere conocer.

Fenómenos del Pirómetro.

216. Descripcion. El *Pirómetro* es un inſtrumento que sirve para medir la quantidad de fuego que penetra un cuerpo, ó para hacer conocer la quantidad de la

dilatacion que produce el fuego en el cuerpo que penetra. (*Fig.* 15.)

Sea una barreta de hierro A B, que fixa é inmóbil en el punto A termina por el punto D, engargantando con sus dientes en el carrillo de una rueda dentada D N, de suerte que si se alargase esta barra una ó dos lineas hiciera dar una vuelta entera á la rueda D N, la qual engarganta tambien en el carrillo M.

Si se ponen debaxo de la barreta A B muchas velas encendidas, esta barreta dilatada por el calor se estenderá y alargará en D, y hará andar á la rueda dentada D N, la qual con una sola buelta que dé hará dar una multitud de ellas al carrillo M.

Mediante esta comunicacion de movimiento una manecilla R S, unida al remate del árbol del carrillo M da vueltas con mucha velocidad, al paso que el calor de las velas aumenta el calor y dilatacion de la barreta A B, y quando se quitan las velas vuelve á darlas en direccion opuesta, á medida de que la barreta de hierro A B perdiendo su calor y dilatacion vuelve á su primer estado de condensacion.

ARTICULO SEGUNDO.

SOLIDEZ Y FLUIDEZ DE LOS CUERPOS.

217. OBSERVACION. Los Cuerpos sensibles están formados de un número inmenso de elementos de una pequeñez inconcevible, los quales adhieren entre sí en los duros y sólidos, y no adhieren en los flúidos y liquidos. ¿Qual es la causa de esta adherencia en los unos, y defecto de ellas en los otros? Este es el gran problema que vamos á resolver, el qual por su universalidad no se estiende, como es patente á nada menos que á todas las substancias materiales que componen el Universo.

I.° Los Peripatéticos atribuian la *Solidez* y *Fluidez* de los cuerpos á dos qualidades ocultas, una de las quales producia la folidez y la otra la fluidez, y efta misma opinion ya olvidada, la han refucitado modernamente algunos pretendidos Filófofos que para dar razon de eftos dos grandes fenómenos dicen únicamente que los Cuerpos fon fólidos ó fluidos porque tal es su naturaleza.

¡Opinion infundada y antifilofófica! Los Cuerpos no tienen otra naturaleza específica que la que refulta en ellos de las Leyes generales de la Naturaleza, ya se conozca ó ya se ignore su influencia. Un Filófofo no eftá siempre obligado á conocer las caufas de los fenómenos, pero jamas debe atribuirlos á caufas ridículas ó abfurdas.

II.° Gafendo atribuye la Solidez de los cuerpos á cierto enlace de átomos ramofos y ganchofos, y la fluidez al defecto de femejante enlace. Efta opinion menos opuefta á la Razon que la primera, no es menos indefenfable é inadmisible que ella, porque eftos elementos primitivos enlazados unos con otros no podrian fepararfe sin que se quebrafen fus ramos y ángulos, siendo asi que el mismo Gafendo sienta en que eftos elementos primitivos fon indivisibles é indeftructibles asi en su todo como en todas fus partes, de lo que deberia refultar que todos los cuerpos duros ferian de una dureza infinita, y que ninguna caufa podria vencer ni deftruir la adherencia de fus partes.

III.° La Solidez y Fluidez así como todos los demas fenómenos deben provenir de las Leyes generales de la Naturaleza, á faber ó de la ley de Impulsion ó de la de Atraccion, ó de ambas juntas. Buscar otras caufas es dexar de fer Fisico, y asi en folas eftas dos leyes vamos á buscar la refolucion del gran problema de que tratamos al prefente.

LA SOLIDEZ POR IMPULSION.

218. SENTENCIA I. Segun Descartes y Malebranche la *Solidez de los cuerpos* proviene de la presion de una Materia sutil, el Eter Cartesiano que con una fuerza inmensa mas ó menos contrariada oprime por todas partes hácia un centro comun á un monton de elementos mas groseros, y les aplica unos contra otros. Esta materia la suponia Descartes sin elasticidad, Malebranche y todos los Cartesianos modernos la suponen con ella; pero unos y otros la atribuyen una presion de la que en su opinion resulta la solidez de ciertos cuerpos, ó la adherencia mútua de sus partes. Expliquemos y exâminemos este Mecanismo Cartesiano.

I.° Sea una Máquina de Magdebourg dividida en sus dos emisferios huecos; (625) si se extrae el aire que está encerrado en ellos, el aire que los rodea los comprime uno contra otro y los da una adherencia que no puede ser vencida sino por una fuerza igual á un peso de ciento ó doscientas libras. He aqui segun los Cartesianos una imágen del Mecanismo fisico que produce la dureza ó *solidez de los Cuerpos*.

Supongamos que dos moléculas de materia ramosa y acanalada cuyas caras sean capaces de aplicarse perfectamente una contra otra se hallen contiguas al tiempo que se forma un cuerpo, por exemplo la madera. La materia sutil ó el eter Cartesiano de que está lleno todo el Mundo oprime estas dos moléculas una contra otra con una fuerza inmensa, y de esta presion resulta la adherencia de estas dos moléculas entre sí, y la de todas las demas moléculas que forman este cuerpo.

La materia que causa esta presion es la que llena la inmensidad de los Cielos segun los Cartesianos; esto es la materia del primero y segundo elemento de Descartes, la materia sutil y la globosa sea elástica ó no lo sea. (163.)

Si

II.° Si un Cuerpo estuviera todo él compuesto de elementos cuyas superficies estuviesen todas perfectamente lisas y totalmente contiguas, este cuerpo tendria una adherencia ó *dureza* como *Infinita* segun los Cartesianos, porque para vencer esta adherencia de sus partes entre sí seria necesario nada menos que una fuerza capaz de superar la presion de todos los conos de materia eterea que terminando por todas partes en todos los puntos de este sólido se estienden sin vacío alguno intermedio hasta las estrellas, ó acaso hasta la última capa de la materia y del mundo.

III.° Pero como los *Cuerpos duros* y *sólidos* no están compuestos de elementos que puedan aplicarse unos á otros en toda la extension de sus superficies, y como estos elementos principios de los cuerpos tienen diferente masa y figura unos que otros, se sigue que los Cuerpos solidos no deben tener todos igual dureza ó adherencia de partes.

Por exemplo, los Cuerpos son *mas duros* ó tienen sus partes mas fuertemente adherentes unas á otras quando sus elementos están mas contiguos y menos separados por capas intermedias de materia sutil: son *menos duros* ó tienen sus partes menos adherentes entre sí á proporcion de que sus moléculas ramosas y angulosas están menos contiguas y mas divididas por capas intermedias de materia eterea, la qual comunicando con el resto exterior de materia eterea, tira por su presion ó elasticidad á separar los elementos mas gruesos entre quienes se halla metida con una fuerza proporcional á su quantidad.

De aqui resulta segun los Cartesianos la diferente dureza ó solidez del plomo, el oro, el acero y el diamante. Este es mas duro que el plomo porque la presion de la materia eterea exterior no es tan destruida en él como en el plomo por la reaccion ó presion contraria de la materia interpuesta entre los elementos de estos dos cuerpos.

IV.° Si los elementos de que se compone un Cuerpo ſon esféricos, cilíndricos ó piramidales ó de qualquiera otra figura que permita poco contacto entre ellos, eſte cuerpo no tendrá adherencia entre ſus conſtitutivos, ó la que tenga ſerá ſensiblemente nula: ſerá *líquido* ó *fluido* porque la materia eterea interpueſta en mucha abundancia entre todos ſus elementos tira interiormente por todas partes á ſepararles otro tanto, como la materia que les rodea tira exteriormente á unirles: y como eſtas fuerzas ſon opueſtas y ſensiblemente iguales se deſtruyen recíprocamente, y su efecto debe ſer nulo. De eſta especie de cuerpos es el agua, el aire, la luz, y en fin todos los cuerpos líquidos y fluidos.

219. Refutacion. Eſte Siſtema Cartesiano muy filosófico á varios aspectos, y el mas ingenioſo y completo que se puede imaginar en la hipótesis del Lleno se arruina y deſvanece con eſta hipótesis abſolutamente indefenſable, fabuloſa, y diametralmente opueſta á todos los grandes fenómenos de la Naturaleza, como lo harémos ver y ſentir en otra parte. (792, y 793.)

Eſtá demoſtrado á la verdad que en qualquiera Sistema que ſe adopte, es neceſario admitir la *exîstencia de una Materia muy sutil* siempre en accion y movimiento; pues asi evidentemente lo exîgen los fenómenos de la electricidad del fuego y de la luz.

Pero la exîſtencia de ſemejante Materia nada prueba á favor de la exîſtencia de aquella á que Deſcartes y Malebranche atribuyen el fenómeno de la ſolidez de los Cuerpos: pues la materia ſutil cuya exîſtencia eſtá demostrada no ſupone una presion uniforme hácia todos lados en el Lleno: se concilia perfectamente con los inmenſos Vacíos de Newton: y debe mas bien tirar á ſeparar que á unir los elementos de los Cuerpos que penetra y atravieſa con ſuma velocidad y libertad, bien por un lado ó bien por otro, y jamas uniformemente por todos.

LA SOLIDEZ POR LA ATRACCION Ó AFINIDAD.

220. SENTENCIA II. Segun los mas de los Chîmicos y Físicos modernos *la Solidez de los Cuerpos*, ó la adherencia mutua de ſus partes proviene de la Atraccion eſpecial ó afinidad de los elementos de que eſtan formados los Cuerpos; y la Fluidez ó el defecto de adherencia entre ſus partes de la falta de eſta Atraccion en los elementos que los componen.

1.° Es cierto que *la Atraccion general*, eſta Atraccion que cauſa el gran fenómeno de la Peſantez, no puede producir en los Cuerpos terreſtres movimiento alguno que los haga tirar ſensiblemente unos hácia otros: ninguna adherencia que se oponga ſensiblemente á su ſeparacion: y que si la Atraccion general produce algun efecto infinitamente pequeño de tendencia ó adherencia entre los Cuerpos terreſtres, eſte efecto se verifica igualmente en los Cuerpos líquidos que en los sólidos.

Luego la *Solidez de los Cuerpos* que es un efecto mui ſensible y baſtante considerable, capaz muchas veces de vencer la mayor fuerza; un efecto que no se obſerva en todos los cuerpos, no proviene de la Atraccion general que obra indiferentemente en todos, y les oprime hácia ciertos centros comunes ſegun ciertas leyes: pero que en virtud de eſtas mismas leyes no debe hacerlos adherentes unos á otros de un modo ſensible.

Acabamos tambien de obſervar que la impulsion ó presion de una Materia ſea la que quiera, no baſta tampoco para dar razon del gran Fenómeno de la solidez de los cuerpos.

¿ De que cauſa puede depender eſte fenómeno, sino es de la *Atraccion especial* ó de la *Ley de Afinidad*; pues que todos los fenómenos de la Naturaleza parece que provienen ó de la ley de Impulsion, ó de la ley de Atraccion general, ó de la ley de Afinidad?

PROPOSICION.

221. *El gran fenómeno de la Solidez y Fluidez de los Cuerpos parece ser una dependencia de la Ley de Afinidad.*

Explicacion. I.° Sea un Cuerpo qualquiera, cuyos elementos ſean análogos, y tengan ſuperficies capaces de adquirir un contacto grande é íntimo entre sí. La Atraccion eſpecial entre eſtos elementos eſtará en su mayor fuerza (123.), y el efecto de ella ſerá una adherencia mui grande entre eſtos elementos, y por lo mismo una grande dureza en eſte cuerpo.

Eſte Cuerpo no podrá ſer dividido sino por una fuerza ſuperior á la ſuma de todas las atracciones que producen la adherencia en los elementos que se habrian de ſeparar. Y asi eſte cuerpo ſerá un *Sólido*, un cuerpo de la mayor dureza.

II.° Sea otro Cuerpo cuyos elementos no ſean análogos, ó aunque análogos y homogeneos no puedan tocarse mas que en porciones infinitamente pequeñas de ſus ſuperficies como ſucede en los globos. La Atraccion especial que es la ſola cauſa que puede producir efectivamente el fenómeno de la dureza no podrá obrar en eſtos elementos, ſea á cauſa de la falta de afinidad, sea á cauſa de la falta de contigüidad.

El Cuerpo compueſto de elementos sin afinidad, sin analogía ſerá *líquido ó fluido*, porque ſus elementos no tienen la afinidad neceſaria para atraherſe recíprocamente, y adherir unos ó otros con una fuerza ſensible.

El Cuerpo compueſto de elementos homogéneos de figura esférica ſerá tambien fluido ó líquido, porque ſus elementos aunque análogos ſolo se tocarán en una porcion infinitamente pequeña de ſus ſuperficies, y la poca atraccion que podrán adquirir por la contigüidad de algunos puntos de ſus ſuperficies, ſerá facilmente deſtruida y aniquilada por la accion de la Materia ignea que se mueve con un movimiento mui rápido y siempre permanente por entre eſtos elementos contigüos.

III.° Sea ademas otro Cuerpo compuesto de elementos medianamente análogos ó mui análogos, pero capaces solo de tocarse por superficies medianamente grandes. Este Cuerpo tendrá una *mediana Dureza* por la que ocupará una especie de lugar medio entre los mas duros como el diamante, y los que no tienen dureza alguna como el aire, el agua y los aceites.

IV.° Sea en fin un Líquido homogeneo como el agua, que en un grande frio se ha penetrado de una inmensa quantidad de partículas frigoríficas trahidas por los vientos y heladas, capaces de unirse y adherir á sus moléculas. Las moléculas de este cuerpo en fuerza de que el fluido igneo escapa de entre ellas y de su union con las partículas frigoríficas que se insinuan en sus vacíos como en otros tantos agujeritos, adquieren un contacto mayor y mas íntimo: y de este modo se ponen en estado de que obre en ellas la Ley de Afinidad que únicamente dexaba de obrar por falta de suficiente contigüidad.

Este Líquido se muda pues en *Cuerpo sólido* en hielo, y permanece en este estado de dureza hasta que volviendo á entrar en abundancia el fluído igneo en este hielo, llega á expeler á su vez estos corpúsculos frigoríficos, y restituye á las moléculas del líquido sus vacíos, su desunion y su poca contigüidad.

222. Aplicacion. Para dar mayor claridad á esta Teoría, vamos á aplicarla á varios fenómenos de los que nos presenta la Naturaleza, pertenecientes á la Solidez y Fluidez de los Cuerpos.

I.° Las Colas y Engrudos sirven para unir y ligar juntos, ó cuerpos análogos que carecen de contigüidad, ó cuerpos heterogeneos y sin analogía, que careciendo de afinidad entre sí la tienen con estas materias glutinosas; las quales interpuestas entre estos cuerpos se aplican íntimamente á sus concavidades llenándolas, y adheriendo á ellas con mas ó menos fuerza segun el mayor ó menor grado de su afinidad y contigüidad. Los mas fuertes y adherentes de estos cuerpos glutinosos son regularmente los menos accesibles al agua, al aire, y á la materia sutil.

II.° El fuego hace fluidos los metales, porque la materia ignea introducida en torrentes de una velocidad inconcevible en lo interior de estas substancias, separa sus elementos con una fuerza superior á la de la atraccion ó afinidad que les unia y hacia adherentes entre sí. Y asi si cesa la accion del fuego, la fuerza de afinidad no es ya destruida por una fuerza opuesta, vuelve á producir su efecto, y los metales vuelven á quedar sólidos.

III.° Ciertos Cuerpos reducidos á polvos como la harina y el hieso adquieren consistencia mezclándoles con agua, porque insinuándose ésta en sus moléculas las dilata, y las da un volúmen mayor que facilita su contacto: y sobre esto la atraccion del agua es propia para servir de lazo comun á todas estas moléculas desunidas. Asi se ve que la mayor parte de estos cuerpos retiene con una fuerza mui grande las últimas partículas del Agua á que están unidos. (125.)

IV.° Los Cuerpos blandos como la argamasa, el barro, y el hieso húmedos desleidos en agua se endurecen con el aire, porque la parte áqüea interpuesta entre la terrea se disipa; y los elementos de la argamasa del barro y del hieso se acercan y adquieren un contacto mayor y mas íntimo á medida de que el agua superabundante se retira y disipa.

V.° El Hierro se endurece machacándole en la yunque, porque los golpes que sufre en el estado de incandescendencia en que está quando se le maja, obligan á sus partes homogeneas y ductiles á unirse mas inmediatamente entre sí, al paso que las heterogeneas saltan afuera en pequeñas chispas.

OBJECIONES Y RESPUESTAS.

223. Objecion I. En la Hipótesis misma del Vacío, y aun de los grandes Vacíos de Newton el Aire y la Materia sutil parecen suficientes para producir la presion á que Descartes y Malebranche atribuyen la *Solidez de los Cuerpos.* Luego la caida del Sistema de los Turbi-

llones abandonado ya hoy de casi todos los Físicos no arraſtra tras de sí á la ruina la opinion de eſtos dos hombres célebres acerca de la Solidez de los Cuerpos.

Respuesta. El Aire y la Materia ſutil ſon dos cauſas cuya accion influye infinito en muchísimos fenómenos; pero cuya influencia es nula ó como nula en el de la Solidez de los Cuerpos.

I.° Es cierto que el aire circundante oprime por su reſorte á todas las partes de un globo de mármol ó de madera hácia su centro ; pero la experiencia nos enſeña que eſta presion del aire influye infinitamente poco en la dureza ó ſolidez de los Cuerpos;pues que los Cuerpos duros y ſólidos conſervan ſenſiblemente la misma dureza ó resistencia á ſer divididos, ſea que se les divida á aire libre, ſea que se les divida en el vacío procurado por medio de la Máquina pneumatica.

Una hebra de ſeda, una cerda de caballo que ſolo tienen la fuerza ſuficiente para ſoſtener un peſo determinado á aire libre, ſoſtienen no obſtante el miſmo peſo en el vacío : luego eſtos dos cuerpos no deben su solidez á la presion del aire. Lo mismo se puede decir de todos los demas cuerpos ſólidos. Por exemplo, es igualmente difícil cortar, hendir ó dividir de qualquiera modo un trocito de madera en el vacío que á aire libre.

II.° Es cierto que hay en la Naturaleza una *Materia sutil* diferente de la de Deſcartes. Eſta Materia ſutil cuya exîſtencia eſtá demoſtrada, y cuyos efectos se perciben en infinitos fenómenos es un fluido compueſto de moléculas de una pequeñez infinita, movido en varias direcciones con una velocidad inconcevible y siempre permanente, capaz de insinuarſe con una facilidad prodigioſa por entre los cuerpos mas denſos y mas duros. Pero un fluido como éſte lexos de producir la dureza y ſolidez en los cuerpos, parece por el contrario que debe luchar por su impulsion contra la adherencia de aquellos que penetra, pues no puede penetrarlos sin tirar á ſeparar ſus partes.

Asi pues la Atraccion ó Afinidad de los elementos es

la que produce su adherencia en los Cuerpos sólidos, y por el contrario la Materia ſutil es la que debilita y disminuye eſta fuerza atractiva que produciría un efecto mayor sino se la opusiera la accion de la materia sutil.

224. Objecion II. En la hipótesis que hemos adoptado, los Cuerpos mas denſos y compactos deberian ſer los mas duros: pues eſta eſpecie de cuerpos tiene mas elementos, menos vacíos y mas contigüidad. Con todo la experiencia demueſtra lo contrario; pues el Oro que es el cuerpo mas denſo es mucho mas denſo y menos duro que el diamante: á peſar por otra parte de que uno y otro de eſtos dos cuerpos parecen formados de elementos mui homogéneos, mui análogos y mui propios para atraherſe mutuamente.

Respuesta. En los Cuerpos compueſtos de elementos análogos es mayor la dureza á proporcion de que es mayor y mas inmediato el contacto Puede mui bien ſuceder que un cuerpo mui poroſo tenga un contacto mayor y mas inmediato de elementos que otro menos poroſo. Eſto depende como vamos á explicar, de la colocacion de los elementos, y diſposicion de los poros.

I.° Sean varias chapas de metal ó mármol de ſuperficies perfectamente liſas, pero horadadas como las cribas de un número considerable de agujeros baſtante grandes, de modo que haya en ellas mucho mas vacío que lleno. Juntéſelas de ſuerte que todos los agujeros caigan unos enfrente de otros, y todas las partes sólidas se toquen en todos los puntos de su ſuperficie. He aqui la imágen de un Cuerpo *mui poroso* á cauſa del número y grandor de ſus vacíos, y al miſmo tiempo *mui duro* á cauſa de la union íntima y perfecta de ſus partes sólidas.

II.° Pues ſea ahora otro Todo compueſto de chapas que tengan dos ó tres veces menos vacíos que las anteriores, pero cuyas partes sólidas ſean menos análogas, mas ásperas y menos propias para unirſe íntimamente por ſus ſuperficies.

Eſte Todo aunque mas denso y compacto ſerá menos ſólido y duro que el precedente, porque uniéndoſe ſus ele-

elementos menos íntimamente y tocándose en muchas menos partes, estan menos en estado de que obre en ellos la Ley de Afinidad. Luego es falso que en la hipótesis que hemos adoptado, los Cuerpos mas densos deban ser siempre los mas duros.

III.° Puede pues el diamante en la hipótesis que hemos adoptado, tener una suma de poros mayor que el oro, y ser no obstante mucho mas duro.

Supongamos que los elementos ó partes sólidas del diamante tengan una afinidad muy grande y una contigüidad perfecta en sus puntos de contacto. Los poros esparcidos por todas partes al lado de las partes sólidas, no impedirán á este cuerpo ser sumamente sólido.

Supongamos por el contrario que los elementos ó partes sólidas del oro tengan ó menor afinidad, ó una contigüidad menos íntima y extensa en los puntos de contacto. Los elementos del oro aunque mas condensados serán menos adherentes entre sí, porque estarán menos en estado de que obre en ellos la Ley de Atraccion especial, cuyo efecto depende enteramente de la afinidad y contigüidad de las partes sobre que exerce su accion (91).

225. Objecion III. Se seguiria de nuestra hipótesis, que quando un cuerpo duro p. e. un diamante se dividiese en dos pedazos bastaria aplicar simplemente una á otra estas dos porciones divididas, para que recobrasen su adherencia primitiva: lo que no conviene con lo que estamos experimentando cada dia.

Respuesta. I.° Consta por la experiencia, que si dos Planos de mármol ó vidrio perfectamente lisos se aplican íntimamente uno á otro haciéndoles resbalar paralelamente sobre sus superficies untadas, estos *Planos* adhieren fuertemente uno á otro de suerte que para separarlos en una direccion perpendicular á sus superficies contigüas será necesaria una fuerza bastante considerable.

Aora pues es manifiesto que no se puede atribuir esta adherencia mutua de los dos Planos á otra causa que á su *Atraccion recíproca*, pues casi la misma adherencia se experimenta en el Vacío de la Máquina pneumática en

donde no obra la presion del aire, y en donde seria inútil imaginar una presion ocasionada por una materia sutil, qualquiera que fuese (219. y 223.)

II.° Si se pudiese dividir en dos solas porciones un diamante ó un trozo de mármol y dar despues á las dos porciones divididas la misma union total que tenian antes de la division, no admite duda que estas dos porciones recobrarian enteramente su adherencia primitiva.

Pero quando se divide un Cuerpo sólido, el esfuerzo que se hace para dividirle, hace faltar en pequeños fragmentos una infinidad de partículas que se disipan; y asi quando se reunen despues las porciones principales, las desigualdades sin número que tienen las superficies que se aplican una á otra junto con las partículas de aire y de materia sutil que se interponen entre las partes que se unen, impiden á estas porciones volver á tomar la misma extension é intimidad de contacto que tenian antes de la division. Por lo qual no pueden estas partes divididas tener despues de la division la misma adherencia que tenian antes.

III.° Quando se pulen dos superficies de mármol, vidrio ó acero para aplicarlas lo mas íntimamente que pueda ser una á otra, los instrumentos groseros de que es preciso servirse dexan siempre en las superficies por mas lisas que aparezcan hoyos, elevaciones, rayas, y todo género de desigualdades que la vista percibe con el auxîlio del Microscopio, y que impiden la union íntima que toman naturalmente estos cuerpos en su cristalizacion natural ó artificial. De aqui resulta la adherencia incomparablemente menor de estas superficies aplicadas una á otra, respecto de la que tenian quando estaban naturalmente unidas.

ARTICULO III.

ELASTICIDAD DE LOS CUERPOS.

226. Oservacion. Hay en la Naturaleza *Cuerpos elásticos, y Cuerpos no elásticos.*

Los primeros tienen en sí mismos una especie de resorte que tira á volverlos á su estado natural quando se les dobla ó comprime.

Los segundos carecen de semejante resorte, y quando se les dobla ó comprime conservan el último estado en que se les ha puesto sin hacer ningun esfuerzo para recobrar el estado primitivo que se les ha hecho perder.

Si se dexa caer sobre un Plano de mármol una bola de barro húmedo se comprime y queda comprimida. Si se dexa caer sobre el mismo plano otra bola de marfil se comprime tambien (205), pero al instante vuelve á adquirir la redondez que tenia. La primera bola es un cuerpo duro no eléstico ó sin resorte. La segunda es un cuerpo duro, eléstico ó de resorte.

227. Definicion. Llamase pues *Elasticidad de los Cuerpos* esta virtud ó propiedad que tienen algunos de tirar á recobrar por sí mismos su estado natural quando una fuerza externa y estraña causa alguna mutacion en él.

El gran fenómeno de la Elasticidad de los Cuerpos es seguramente un efecto que proviene de las Leyes generales de Impulsion y de Atraccion. Pero no es facil explicar el mecanismo y hacer percibir la influencia de estas Leyes generales en este fenomeno.

No obstante, interin que la Física nos da mas luces que las que tenemos sobre esta materia (lo que acaso jamas hará) he aqui nuestra idea y opinion acerca de la Causa física de la Elasticidad.

PROPOSICION.

228. *Parece que la Elasticidad de los Cuerpos es efecto asi de la adherencia bastante considerable de sus elementos entre sí, como de la accion de ciertos fluidos encerrados en sus poros*

EXPLICACION. Es cierto que hay entre ciertos elementos una *Afinidad real* que produce entre ellos una adherencia mayor ó menor, sin la que no hay elasticidad. Es cierto tambien que hay una *Materia sutil* siempre en movimiento destinada á reparar y conservar la accion de la Naturaleza. De estas dos Causas físicas parece que resulta bastante naturalmente el fenómeno de la Elasticidad cuya teoria general en nuestra opinion es la siguiente.

I.° Los Cuerpos se forman en la Naturaleza en medio de los demas cuerpos á quienes ella está haciendo obrar continuamente; de modo que la materia ignea, la eléctrica y la magnética fluidos siempre esparcidos y en accion al rededor de los cuerpos, se abren y conservan por todas partes caminos análogos á sus moléculas por entre los varios Mixtos que van naciendo y creciendo.

II.° Los Elementos que forman las plantas, las piedras, los metales, y los demas cuerpos sólidos adhieren unos á otros segun su mayor ó menor grado de afinidad y de contacto. (221). De aqui resulta su dureza que debe contribuir á su elasticidad, como explicarémos bien pronto.

III.° Los Fluidos que penetran y atraviesan libremente estos Mixtos en su estado natural no podrian hacerlo con igual facilidad, si los caminos análogos que sus moléculas que se han procurado en lo interior de los Mixtos, se ensancharan de un lado y estrecháran de otro. De aqui naceria un obstáculo al curso de estos fluidos, y una impulsion de ellos contra las partes que se opusieran á su libre paso.

IV.° Puede suceder fácilmente que algunas *Porciones*

de estos fluidos que se insinuan en los Mixtos durante su formacion y acrecentamiento queden como aprisionadas en algunos poros rodeados por todas partes de partículas impenetrables. En efte cafo eftos Fluidos cuya naturaleza es eftar siempre en movimiento, se eftarán moviendo continuamente en efta especie de prisiones, de donde no pueden escaparfe con un movimiento circular, ó que se acerque baftante á efte fegun fea la figura de las cavidades en que eftan retenidos y como aprisionados.

APLICACIONES DE ESTA TEORIA FISICA.

229. APLICACION I. Sea una *Vara verde de mimbre*, cuerpo muy eláftico, y que yo fupongo perfectamente formada en línea recta A C B. (*Fig.* 7.)

I.º Efta vara toma y conferva como por sí misma su direccion natural en línea recta, porque las moléculas que la componen colocadas fegun la exîgencia y conveniencia de su afinidad han tomado naturalmente efta figura; y fegun el axîoma físico y político las cofas se conservan por los mismos principios y fegun las mismas leyes que las producen.

II.º Pero si á efta vara se la dobla haciéndola formar un arco ó semi-círculo *a* C *b*, claro eftá que no puede tomar efta figura curva sin que fus moléculas se feparen y fus poros se enfanchen en la parte exterior de la curvatura, y por el contrario se acerquen fus partes y eftrechen fus poros en la parte interior.

Efta vara asi doblada tiene unos poros paralelos á su largura, y otros que lo fon á los diámetros de su anchura; los primeros se doblan en arco, y los otros toman la figura de un cono ó embudo. De todo efto refulta y debe refultar físicamente la *Elasticidad de esta vara*, como lo vamos á hacer patente.

230. EXPLICACION. I.º En la parte exterior de la curvatura las moléculas antes contigüas forzofamente han de haber padecido una pequeña feparacion y han de haber perdido un poco de su contigüidad natural.

La *Atraccion recíproca* de eftas moléculas que fubsifte siempre y no consigue en efte eftado producir todo su efecto, tira pues sin cefar á acercar unas á otras las moléculas que eftan algo apartadas, y á hacer que vuelvan á tener entre sí el mismo contacto inmediato que tenian naturalmente: lo que no puede efectuarfe, sin que efta vara tire con un esfuerzo general de todas fus partes integrantes á recobrar su figura primitiva.

II.° En la parte interior de la curvatura las moléculas contigüas que eftaban naturalmente colocadas desde su formacion fegun su mayor conveniencia, su mayor grado de analogía y su afinidad recíproca, se deíordenan un poco por la compresion, toman puntos de contacto por lo comun menos análogos y simpáticos; y comprimen por otra parte los fluidos que eftrechados mas en su especie de prisiones, empujan con mas fuerza contra los obftáculos que los tienen encerrados. Lo que no puede efectuarfe sin que todas las partes de efta vara tiren á volverfe á poner en su eftado natural.

III.° Los Fluidos exteriores que atraviefan por los poros de efta vara de mimbre á lo largo de su extension tiran como todo Cuerpo á moverfe en línea recta: y asi con su impulsion hacen fuerza para darla una direccion en línea recta.

IV.° Los Fluidos exteriores que atraviefan paralelamente á los diámetros de su anchura los poros de efta vara, hallando por un lado poros mas abiertos que por el otro, se precipitan en mayor abundancia por las mayores aberturas, y tiran por su impulsion á abrirfe poros de igual anchura de una fuperficie á otra: lo que no pueden confeguir sin impeler á la vara á que vuelva á tomar la figura y direccion que tenia.

V.° Claro eftá que de todo efto debe refultar mecánicamente la *Elasticidad de esta vara*, ó el esfuerzo que hace para recobrar su primitiva figura quando una fuerza exterior la hace tomar figura diferente.

Es facil aplicar la teoria de efte mismo mecanismo físico á todos los Cuerpos eláfticos que forma la Natura-

leza. Y asi la teoria que acabamos de aplicar con toda individualidad á esta vara de mimbre viene á ser una teoria general en esta materia.

VI.° Si esta Vara en vez de ser recta fuera naturalmente arqueada, no se la podria enderezar sin ocasionar en todas sus partes un desórden semejante al que en una vara naturalmente derecha ocasiona el doblarla : y asi esta vara naturalmente curva tiraria á volver á su curvatura.

231. Aplicacion II. Si en lugar de una vara de mimbre se dobla una *Barreta de hierro sin templar*, no habrá elasticidad alguna porque siendo ductil el hierro, sus moléculas no padecen la pequeña separacion que seria necesaria para dar lugar á su atraccion recíproca á desplegarse y hacer sentir su fuerza.

A medida de que dos moléculas se separan y apartan en la parte superior de la curvatura, como son ductiles dexan una porcion de sí mismas en el intervalo que separaria sus extremidades; y asi no hay defecto de contigüidad. Igualmente á medida de que dos moléculas se acercan por la compresion en la parte inferior de la curvatura, algunas porciones de estas mismas moléculas ductiles que se acercan, se separan de ellas y adquieren la misma afinidad con otras moléculas junto á quienes las coloca la compresion. Por otra parte la ductilidad del metal hace que esta materia de qualquier modo que se la tuerza ó doble, tome siempre casi la misma colocacion de partes y disposicion de poros que la ha dado su cristalizacion natural ó artificial.

Se ve pues que es necesario que haya en los Cuerpos un *cierto grado de rigidez* y defecto de ductilidad, para que la elasticidad se despliegue con una fuerza sensible. La Templadura, como explicarémos bien pronto, hace al hierro perder su ductilidad, da á sus partes una adherencia y rigidez que las hace quebradizas, y de este modo el hierro se hace elástico y mui elástico.

Se puede observar aqui como de paso que aunque la accion de los Fluidos contribuye para la elasticidad, ésta no obstante tiene por causa principal la atraccion ó

afinidad de las partes entre sí, la qual se opone á su feparacion y alteracion de colocacion.

232. Aplicacion III. Un *Florete ó Espadin* compuesto de un hierro que ha sido batido en la yunque para purgarle de fus partículas heterogéneas, y á quien se ha metido defpues eftando aun albando en una mezcla de agua fria y otras fubftancias para templarle, tiene una elafticidad mui grande, porque la templadura le ha hecho perder su ductilidad, y ha aumentado la atraccion y adherencia de fus partes: las quales no pueden ya apartarfe sin dividirfe totalmente, ó sin tirar fuertemente á recobrar aquel eftado que las ha dado la templadura.

El frio del Líquido en que se ha metido el hierro purificado en el eftado de incandefcencia, eftrecha y condenfa fus partes; difminuye la abertura de fus poros, impide la falida de los fluidos que andan dando vueltas en fus cavidades, y da á todas fus moléculas una adherencia y rigidez que las hace tirar á juntarfe y volver á su primer eftado quando padecen qualquiera feparacion ó alteracion de colocacion por pequeña que fea. Por otra parte la accion de los fluidos y su mecanifmo se verifica del mifmo modo en una barreta de acero templado, que en la vara de mimbre de que hemos hablado anteriormente. (230.)

De efta mifma caufa proviene la *accion de los Resortes ó muelles* que hacen andar á las mueftras y á los péndulos. La templadura hace tomar á fus partes una posicion y adherencia que se altera y violenta si se les dobla efpiralmente fobre sí mifmos. Apartándofe cada una de fus moléculas de su posicion natural una quantidad infinitamente pequeña, en fuerza de efta inflexîon confervan todavia baftante contigüidad ó próxîmidad para que su fuerza atractiva tire eficazmente á hacerlas andar el *intervalo infinitamente pequeño* que las fepara. De aqui la fuerza con que se eftiende el reforte.

Si efte Reforte se quiebra, ya no hay atraccion, y por lo mifmo ni adherencia entre fus partes feparadas: porque aunque se las vuelva á juntar no se las da aquel grado

do de contigüidad que necesitan tener para que obre en ellas la Ley de Atraccion especial. (90.)

Quando un Reforte permanece por mucho tiempo en estado continuo de accion pierde toda su fuerza ó á lo menos parte de ella ; porque los fluidos que se introducen en él continuamente, se abren al fin paso libre en su seno ; y la materia de que está compuesto vuelve á tomar con el tiempo en este estado violento y siempre sostenido, bastante ductilidad para llenar los pequeños intervalos que la tension ha formado entre sus moléculas.

233. Aplicacion IV. Un Florete y un Muelle pierden su elasticidad quando se les recuece, porque la accion del fuego disipa y consume las sustancias que la templadura habia introducido en sus moléculas ; y que destruyendo su ductilidad las ponian en estado de no poderse apartar cada una infinitamente poco de su posicion, sin tirar con una fuerza mui grande á recobrar su posicion primitiva.

La materia de este Florete y este Muelle habiendo recobrado su ductilidad no tienen ya suficiente rigidez de partes, que es como hemos dicho una de las qualidades necesarias para que un cuerpo sea eláštico. (231.)

234. Aplicacion V. No hay elasticidad alguna en los Cuerpos que tienen ó una rigidez excesiva, ó un total defecto de adherencia en sus partes integrantes.

I.° Un *Cuerpo perfectamente duro*, un cuerpo cuyas partes integrantes no fuesen susceptibles de desunion, tal como los globos del segundo elemento de Descartes no tendria ninguna elasticidad, porque un cuerpo como este por su infinita dureza no podria padecer ninguna separacion en sus partes.

Por esto se ve que quando es excesiva la dureza ó adherencia de las partes, que es una condicion necesaria para que un cuerpo tenga elasticidad, le impide que la tenga.

II.° Un Cuerpo sin ninguna adherencia en sus partes como el agua, el vino y todos los líquidos no tienen elasticidad alguna, porque las moléculas de un cuerpo semejante se apartan sin violencia y sin tirar á reunirse. En

estos cuerpos el espacio que dexan entre sí dos moléculas que se separan es al instante ocupado por otras que tienen igual afinidad con las moléculas separadas; y asi la atraccion recíproca de las partes logra siempre producir en ellos todo su efecto, y no está jamas en un estado violento.

En general todo *Cuerpo incompresible* carece de elasticidad; porque no pudiendo padecer ninguna mudanza ni en sus partes integrantes ni en sus poros, no puede tener tendencia á recobrar un estado primitivo que no puede perder, ni á satisfacer á una atraccion que produce siempre todo su efecto, y á quien nada altera.

235. APLICACION VI. Los Metales en su estado natural tienen mui poca elasticidad; el Mármol y el Marfil mucha.

I.° Los *Metales* tienen poca elasticidad, porque siendo dúctiles sus partes integrantes se separan en la inflexîon y compresion, sin dexar entre sí los intervalos infinitamente pequeños que serian necesarios para que la Atraccion tuviese que desplegarse y manifestarse, restableciendo su situacion y figura en el cuerpo doblado ó comprimido. (231.)

Las partes integrantes de los Metales son en esta parte en algun modo como las de los líquidos. A medida que dos moléculas se separan, otras se unen á ellas, y su atraccion queda siempre saturada y satisfecha. Los Metales no tienen elasticidad sino en quanto tienen alguna rigidez en sus partes integrantes.

II.° El *Mármol y el Marfil* tienen mucha elasticidad, porque sus partes integrantes tienen una afinidad y rigidez que las hacen mui aptas para perder y recobrar la colocacion que las ha dado su cristalizacion natural.

Si una bola de marfil ó de mármol cae de bastante altura sobre un Plano sólido, el choque imprime un temblor general á todas sus partes. Todas ellas tiran al principio en virtud del choque á separarse, y en efecto se separan un poco las unas de las otras porque la bola toma una figura elíptica, aplanada en las dos extremidades del diámetro que termina en el punto del contacto, é

inflada en la zona igualmente diſtante de las dos extremidades de eſte diámetro.

Pero como cada una de todas eſtas partes no se ha apartado de otra sino infinitamente poco, lo que á no ſer asi habria fraccion y division en eſte cuerpo tiran todas ellas en virtud de su *Afinidad recíproca* á paſar el intervalo infinitamente pequeño que las ſepara, á volver á tomar los miſmos puntos de contacto que tenian antes de la compresion, y á recobrar cada una su eſtado primitivo.

236. Aplicacion VII. El *Aire y la Luz* ſon eláſticos, porque las moléculas que forman cada globo infinitamente pequeño de aire ó de luz tienen una atraccion ó afinidad entre sí, que les da adherencia.

La compresion de eſtas partes integrantes del aire y de la luz hace tomar á las moléculas que los componen, un eſtado de contacto menos íntimo y favorable que el que tienen naturalmente, y su *Atraccion mutua* tira con exfuerzo á hacerles recobrar eſte eſtado natural y primitivo por el miſmo mecaniſmo que hemos explicado en la vara de mimbre, y en la bola de marfil.

237. Nota I. Los Cuerpos mas perfectamente eláſticos de todos los que eſtán ſujetos á nueſtras obſervaciones ſon el Ayre y la Luz.

El *Aire comprimido* vuelve siempre á tomar, quando la fuerza que le comprime dexa de obrar ſobre él, un volúmen ó expansion ſensiblemente el miſmo que la compresion le habia hecho perder.

La Luz arrojada ſobre un plano impenetrable á ſus rayos reſalta por un ángulo de reflexîon siempre igual al de incidencia: lo que ſupone en la Luz una elaſticidad ſensiblemente perfecta.

Entre los demas *Cuerpos elásticos* ninguno conocemos cuya elaſticidad ſea perfecta. Una Bola de mármol ó de marfil ſeria perfectamente eláſtica, si cayendo perpendicularmente en el Vacío ſobre un Plano de la misma materia desde qualquiera altura, ſubieſe preciſamente a la *misma altura* de donde habia caido, reco-

brando perfectamente la *misma figura* que tenia antes de la caida.

Pero ni el Mármol, ni el Marfil, ni el Acero templado, ni ningun otro Cuerpo sólido nos presenta este doble fenómeno en toda su perfeccion: ningun globo sólido se eleva á la misma altura de donde ha caido, ninguno recobra perfectamente la redondez que ha perdido en el choque, y si se le exâmina con atencion se observará que queda un poco aplanado hácia el centro del círculo que ha padecido la compresion, y tenido el contacto con el plano.

Por esto se puede valuar sobre poco mas ó menos la mayor ó menor elasticidad que tienen los Cuerpos. Los globos mas elásticos son los que cayendo perpendicularmente de una altura determinada sobre un plano de la misma materia resaltan á una altura mayor y pierden menos de su redondez.

238. Nota II. De dos modos diferentes se pone en accion la Elasticidad en los Cuerpos, á saber ó por *via de presion*, ó por *via de tension*.

Quando se comprime en la mano una esponja ó una pelota se hacen elásticas por via de presion. Las Cuerdas de vihuela se hacen elásticas en los instrumentos por via de tension, y quando se quiebran, cada parte vuelve sobre sí con violencia porque todas las moléculas separadas y apartadas por la tension tiran por su atraccion mútua á acercarse unas á otras con un movimiento que las hace volver hácia los puntos fixos que las retenian.

Quando una barra ó un florete se dobla en arco hay tension y presion; tension en la parte exterior, y presion en la interior de la curvatura.

Objeciones y Respuestas.

239. Objecion I. Si la Atraccion especial influye como causa física en el fenómeno de la elasticidad, ¿porque no darla todo el honor de este efecto? ¿Porque aso-

ciarla la accion de una Materia ſubtil de que no tiene necesidad? ¿Porque admitir dos cauſas físicas para lo que una ſola es ſuficiente? Por otra parte ¿como la Materia ſubtil que se insinúa con tanta facilidad en los Cuerpos puede encontrar obſtáculos capaces de ocasionar su Impulsion contra eſtos cuerpos, y de retenerla y aprisionarla en ſus concavidades? ¿Como siendo de una tenuidad como infinitamente pequeña puede producir en eſtos cuerpos un efecto tan poderoſo como el de su elaſticidad?

Respuesta. En la Física el número de Cauſas no depende del capricho del Físico que obſerva su influencia. Admitimos dos Cauſas para explicar el fenómeno de la Elaſticidad, porque parece que ambas concurren juntas á la produccion de eſte fenómeno. La Atraccion especial ó Afinidad es la cauſa principal de la Elaſticidad; pero nada prueba que ſea la única, y que se deba de consiguiente excluir la accion de los varios fluidos de que hemos hecho mencion.

I.° Podemos considerar la *Materia sutil* como que forma torrentes mas ó menos denſos; y los *Poros de los cuerpos comprimidos* á manera de canales de la figura de un embudo.

En eſta idea tan simple y natural es facil concebir de qué modo un torrente de una materia infinitamente rápida dando contra el orificio grande de los poros cónicos de un cuerpo debe encontrar obſtáculos en su paſo por lo interior de eſte cuerpo, é imprimir una impulsion real á las partes ſólidas é impenetrables en quienes pega.

II.° Por imperceptible que se ſuponga la pequeñez de la Materia ſutil ſus moléculas tienen una maſa determinada, la qual puede ſer retenida y preſa en concavidades cuyos poros ſean menores que lo ſon eſtas moléculas.

Luego sin chocar á la verosimilitud se pueden ſuponer Fluidos retenidos y movidos circularmente en lo interior de los Cuerpos.

III.° Es muy verosímil que la fuerza de los hombres y de los animales no sea mas que el efecto de los *Espíritus animales*, que no son otra cosa que una materia muy sutil arrojada en torrentes invisibles en los nervios y músculos que la retienen y dirigen su curso. (*Met.* 793 y 794.)

No es pues improbable que una Materia sutil á pesar de su inconcevible tenuidad produzca efectos sensibles en los cuerpos.

IV.° Pero los efectos de la Elasticidad no tienen por causa ni única ni principal, la accion de la Materia sutil.

Estos efectos dependen principalmente de la fuerza de Atraccion ó de Afinidad como ya lo hemos observado. Seria pues exâgerar la accion de la Materia sutil atribuirla todo el efecto de la Elasticidad.

240. Objecion II. El Aire tiene una elasticidad perfecta; ¿la deberá á la adherencia de sus partes y á la accion de los fluidos que pegan en sus poros, ó andan dando vueltas en ellos?

La Luz es elástica y perfectamente elástica: ¿se admitirá tambien una adherencia de partes, y un choque de fluidos en la Luz que parece ser un agregado de elementos infinitamente pequeños y simples?

Respuesta. I.° ¿Porque la masa elástica del Aire deberia su elasticidad á una causa diferente de la que produce este fenómeno en los demas cuerpos de la Naturaleza?

Como la figura de las moléculas aereas se sustrae necesariamente á todas las observaciones de la Física, se representan comunmente estas moléculas baxo la imágen de una infinidad de pequeños filamentos cortos y muy delgados, ó baxo la imágen de una infinidad de pequeños resortes doblados, bastante semejantes á los que mueven las Muestras. (*Fig.*98.)

¿Porque las moléculas que forman, sea estos pequeños filamentos, sea estos pequeños resortes aëreos no podrian tener una adherencia que resultase de su *Afinidad recíproca*? ¿Porque no podria obrar en estos filamentos

ó resortes aëreos una *Materia mas sutil* capaz de contribuir por su Impulsion ó expansion á hacerlos volver á su figura natural que les hubiera hecho perder la presion?

Los filamentos del aire, de la lana, de la cerda y de la esponja deben considerarse en quanto á su elasticidad como otras tantas barretas flexîbles semejantes en pequeño á la vara de mimbre, cuyo mecanismo elástico hemos explicado ya. (230.)

II.° Consta por las bellas experiencias de Newton acerca de la Luz, que el menor globo de Luz que se puede observar, está compuesto de siete especies diferentes de moléculas, de las quales provienen los siete colores primitivos. (696.)

Luego todo globo de Luz está compuesto de muchas moléculas que pueden tener y tienen realmente una adherencia entre sí. ¿Porque estas moléculas que forman un globo de luz no podrian tener entre sí una afinidad ó atraccion semejante á la que tienen los demas cuerpos elásticos? Aunque no podamos observar en sí las masas infinitamente pequeñas de la Luz, se las puede suponer con bastante verosimilitud de figura esférica. En esta suposicion el mecanismo que produce y pone en exercicio la elasticidad en la luz se reduce al mismo que la produce y pone en exercicio en una bola de marfil ó mármol. (235.)

ARTICULO QUARTO.

Pesantez ó Gravedad de los cuerpos.

241. Observacion. La *Causa de la Gravedad* y *sus Fenómenos* son los dos objetos que nos presenta naturalmente esta qüestion. Pero la naturaleza de las cosas, y el encadenamiento de las materias exîgen que prescindamos por ahora de la Causa de la Gravedad, y nos ci-

ñamos á eftablecer su exîftencia, y á obfervar fus afombrofos fenómenos.

En otra parte harémos ver que la *Gravedad de los Cuerpos es una dependencia de la Ley general de Atraccion*, ó que la Pefantez de los Cuerpos tiene por Caufa física su Atraccion recíproca que los hace tirar continuamente hácia ciertos Centros comunes. (84, y 808.)

242. Definicion. Llámafe *Gravedad*, *Pesantez* ó *Fuerza aceleratriz* en los Cuerpos, la fuerza que los hace tirar hácia ciertos centros comunes; por exemplo todos los Cuerpos terreftres tiran hácia el centro de la tierra con una fuerza que es su pefantez. Todos los Planetas y Cometas hácia el del Sol con una fuerza que es su Pefantez.

Solamente hablarémos aqui de la *Pesantez de los cuerpos terrestres* ó de la fuerza que los impele continuamente á acercarfe al centro de la tierra, y en virtud de la qual se acercan en efecto sin cefar, quando no se opone á su movimiento un obftáculo invencible.

Ariftóteles dividió las diferentes especies de cuerpos, en *pesados* que tiraban naturalmente á acercarfe al centro de la tierra, y *ligeros* que tiraban á apartarfe del mismo centro. Se engañó, y la experiencia ha demostrado que no hay cuerpos ligeros por su naturaleza, ó que todos los cuerpos tienen pefantez real.

Supondrémos en efta qüeftion que nueftros Lectores conocen á lo menos en globo, asi el mecanismo de la Máquina pneumática, como la eftimacion de las Fuerzas motrices: objetos que explicarémos por menor en los tratados siguientes. (621 y 268.)

Fe-

FENÓMENO I.

243. *Los Cuerpos que se miran como leves tienen una pesantez real, ó una tendencia natural hácia el centro de la Tierra.*

DEMOSTRACION. La experiencia nos enseña que el humo, los vapores y la llama que el Vulgo mira como cuerpos leves, tienen una pesantez natural que les hace caminar hácia el centro de la Tierra quando una fuerza extraña no les impele con mayor fuerza en una direccion opuesta. Para demostrarlo:

I.° Póngase debaxo de la campana de una Máquina pneumática una vela apagada pero humeando. El humo mas ligero que el aire, sube y se esparce por toda la campana de vidrio. Extráigase el aire, y se verá que el humo abandonado á sí mismo baxa y se precipita sobre la platina y en la bomba de cobre. Luego este humo tiene una pesantez propia que le solicita á baxar quando el aire extraido dexa de elevarle.

Lo mismo sucede si se hace quemar baxo la misma campana azucar, incienso ó qualquiera otro cuerpo que se exâle en vapores visibles.

II.° Si en lugar de una vela apagada y humeando se pone otra ó la misma encendida baxo la campana de vidrio, la llama menos pesada que el aire, sube y se eleva perpendicularmente. Pero extráigase el aire; entonces la llama dexada á sí misma baxa y se precipita hácia la platina; prueba evidente de que tiene una gravedad ó pesantez propia que la solicita á caminar naturalmente hácia el centro de la tierra quando el aire no la aparta de él por su exceso de pesantez. (L.Q.P.D.)

244. NOTA. Es Ley general de todos los Líquidos y Fluidos que los mas pesados se pongan debaxo, y los mas leves encima.

Aunque asi el aceyte como el agua son cuerpos pesados, con todo si á un vaso mediado de aceyte se le acaba de llenar de agua, ésta por su exceso de pesan-

tez ſobre el aceyte se situará en el fondo del vaſo, y obligará al aceyte á ſubir á la parte ſuperior de él. Si se extrae el agua, el aceyte por su peſantez natural dexará lo alto del vaſo y ſe precipitará al fondo.

Eſto es una imágen del fenómeno que acabamos de explicar. El Aire es un cuerpo peſado por sí mismo, como lo demoſtrarémos en otra parte por medio de experiencias ſensibles y convincentes. Siendo el Aire mas peſado que la llama, que el humo y que ciertos vapores, fuerza á eſtos fluidos á peſar de su propia peſantez á elevarſe y ſubir arriba. ¿Pero se le extrae? Al inſtante la llama, el humo y los vapores caen por su propio peſo en el fondo de la máquina, como el aceyte en el fondo del vaſo.

Fenómeno II.

245. *Todos los Cuerpos colocados á igual distancia del centro de la Tierra caen con igual velocidad quando nada se opone á su caida. De donde se sigue que la Fuerza aceleratriz que solicita á los Cuerpos terrestres á baxar, es la misma en todos quando su distancia del centro de la Tierra es igual. (Fig. 11.)*

Demostracion. Sea un Tubo de vidrio muy largo A B, del que se haya extraido todo el aire, y en el que se haya pueſto antes una pequeña maſa de plomo, otra de corcho y un trocito de pluma ú otros qualesquiera cuerpos pequeños que se tenga por conveniente. El pequeño cilindro R á que eſtá pegada la lámina D eſtá ajuſtado al Tubo de tal modo que puede dar vueltas y mover la plancha que sirve para ſoſtener y dexar caer los cuerpos sin dar paſo al aire exterior.

Si se hacen caer perpendicularmente eſtos varios Cuerpos de ſuerte que partan á un mismo inſtante de la plancha que les ſoſtiene, se les ve correr juntos y con una misma velocidad el espacio D B, y llegar á un mismo inſtante á B, no obſtante la diferiencia de su naturaleza y densidad.

Luego eſtos cuerpos y todos los demas que se quieran poner en su lugar, aunque de densidad desigual y naturaleza diferente tienen todos una misma fuerza aceleratriz que les mueve ó, tira á moverlos con igual velocidad hácia el centro de la tierra. (L. Q. P. D.)

246. COROLARIO. *La Pesantez y el Peso no son dos términos sinónomos. La Pesantez es la misma en todos los cuerpos que distan igualmente del centro de la tierra, pero su Peso es proporcional á sus masas.*

EXPLICACION. I.° La *Pesantez de un cuerpo* es la fuerza activa que le hace caminar hácia el centro de la tierra, ſea el que quiera el número de las partes de que se compone. Eſta fuerza es la misma en todos los cuerpos, pues ocasiona una caida igualmente pronta en su principio y progreſos en todos los cuerpos igualmente diſtantes del centro de la tierra, ſean las que quiera su densidad y su maſa.

II.° El *Peso de un cuerpo* es la ſuma de las partes que se mueven ó tiran á moverſe en virtud de su peſantez propia. En los Graves se debe mirar la peſantez como cauſa, y el peſo como efecto de éſta cauſa. Un Globo de plomo de una libra tiene diez y ſeis veces mas peſo que uno de una onza, pero no tiene mas peſantez porque la fuerza activa que ſolicita á las partes del primero á baxar es exâctamente la misma que la que produce igual efecto en las partes del ſegundo.

III.° En otro tiempo se penſaba que la Peſantez y el Peſo eran una misma coſa; que un cuerpo compueſto de quatro partes tiraba y debia tirar mas hácia el término de la peſantez que un cuerpo que no tuvieſe mas que una ó dos, y que la peſantez era y debia ſer proporcional á las maſas.

Galileo confrontó eſta opinion con la experiencia, y halló que en la caida de los cuerpos la diferiencia de las velocidades no correspondia á la diferiencia de las maſas. Formó pues otra idea de la Peſantez, y en lugar de juzgar, como se habia juzgado haſta entonces, que habia mas peſantez en el plomo que en el corcho

por exemplo, imaginó que esta fuerza era igual en los dos cuerpos, que les imprimia igual tendencia hácia el centro de la tierra, y que la diferencia de sus velocidades en su caida á aire libre solo provenia de la resistencia del Medio en que se movian, la qual destruia mayor quantidad de esta fuerza activa y aceleratriz, ó mas bien de su efecto en el corcho que en el plomo.

La experiencia ha demostrado que la idea de Galileo acerca de la Pesantez era justa y conforme á la naturaleza de las cosas.

247. Nota I. Se debe considerar en la Pesantez como en qualquiera otra Fuerza motriz la direccion que sigue, la velocidad que imprime, y la quantidad de materia que mueve.

I.° La *Direccion que sigue la Pesantez* en los cuerpos terrestres, es la direccion misma del radio de la tierra, tomando este radio del punto en el que da, ó hácia el que se dirige la Pesantez.

Porque consta por infinitas experiencias y observaciones hechas con el mayor cuidado en todos los paises de la Tierra, que en los Cuerpos terrestres *la línea de gravitacion es siempre y en todas partes perpendicular al Horizonte sensible ó á la Tangente de aquel punto de la superficie terrestre hácia el qual tiran en virtud de su sola pesantez.* (808.)

II.° La *Velocidad que imprime la Pesantez* quando nada destruye su efecto, es la misma en todos los cuerpos igualmente distantes del centro de la tierra.

Pero esta velocidad impresa á los cuerpos por la pesantez varía á medida de que los cuerpos están notablemente mas cerca ó lexos del centro de la tierra, como lo demostrarémos bien pronto. (251.)

III.° *La Quantidad de materia que mueve la pesantez* con igual velocidad, produce en los cuerpos que la tienen diferente peso, diferente percusion y diferentes fuerzas motrices. Una bala de plomo en el Vacío produce una percusion mas fuerte que una bala de corcho de igual volúmen, porque en la bala de plomo hay una quantidad de

materia movida por la pesantez mucho mayor que en la bala de corcho.

248. NOTA II. *Consta por varias observaciones que se han hecho con la mayor exáctitud en Francia, Inglaterra, Italia y Alemania, que cerca de la superficie de la tierra durante el primer Segundo de su caida perpendicular andan los cuerpos en el Vacío unos quince pies de Francia con corta diferencia*, que vienen á hacer diez y seis de Inglaterra.

Lo que andan menos en su caida á aire libre se debe atribuir á la resistencia del aire, la qual ocasiona mayor diminucion de velocidad en los cuerpos menos densos, y menor en los mas densos.

249. NOTA III. El Sabio Desagulliers aprovechándose de la grande elevacion de la Cúpula de San Pablo de Londres hizo sobre la caida de los cuerpos á aire libre en presencia de Newton y Halley las mas bellas experiencias que tenemos en esta materia. De una altura de 272 pies de Inglaterra hizo caer muchos cuerpos de peso y volúmen diferente. De aqui entre otras varias las dos observaciones siguientes.

I.° Observó lo primero que una *Bola de plomo* como de dos pulgadas de diámetro caia de esta altura de 272 pies en quatro segundos y un quarto. En el texto de las Transacciones Filosoficas donde está consignada esta observacion experimental, se ponen quatro segundos y medio. Pero se debe quitar un quarto como lo advierte el Abbate Nollet; porque los quatro segundos y medio salian contando el instante de la caida por el golpe que se oia desde un sitio elevado á 272 pies, y se debe advertir que el ruido ó el sonido tarda un quarto de segundo en subir á esta altura. (675.)

Esta bola hubiera andado en el Vacío en el mismo tiempo un espacio de 289 pies de Inglaterra, que son de los que aqui hablamos. (371 y 377.)

La *Resistencia del aire* le ocasionó pues una retardacion de velocidad igual á 17 pies.

II.° Observó ademas que *dos Bolas heterogeneas* de cinco pies y medio de diámetro, y que pesaban la una 2610 gra-

nos y la otra 137 y $\frac{1}{2}$ gaftaban tiempos diferentes en caer de toda efta altura, porque la mas pefada acabó su caida en feis fegundos y medio y la otra tardó cerca de 19 fegundos.

La *Resistencia del aire* ocasiona pues mayor retardacion en los cuerpos menos denfos y pefados, y menor en los mas denfos y de mayor pefo.

250. Nota. Una libra de agua y otra de plomo producirian igual percusion en el Vacío si todo lo demas fuera igual en eftos dos cuerpos, porque tendrian una misma mafa y velocidad, y por tanto un mismo producto de fuerza motriz.

Con todo, un cuerpo frágil que se haya quebrado en el Vacío por el golpe de una libra de plomo, no lo ferá por el de una libra de agua. La razon es porque el plomo á caufa de la union y adherencia de fus partes que gravitan todas juntas, hace un exfuerzo mas reunido contra un mismo punto del cuerpo frágil; al pafo que el agua á caufa de la defunion de fus partes que gravitan feparadas unas de otras, hace folo un exfuerzo dividido contra diftintos puntos del cuerpo frágil y asi un Cuerpo frágil que cede al exfuerzo reunido de todas las partes de una fuerza motriz, puede resiftir al exfuerzo dividido de efta misma fuerza.

La diferencia de percusion en una libra de agua y en una libra de plomo es todavia mas notable quando eftos dos cuerpos caen á aire libre. La libra de Plomo en su caida no muda de volúmen, ni tiene que vencer mas que una columna de aire igual á su anchura. Por el contrario la libra de agua se divide sin cefar en su caida á caufa de la resiftencia del aire, y á medida de que la division se aumenta adquiere mayor fuperficie, tiene que echar de su lugar á mayor volúmen de aire, y asi experimenta una resiftencia mas considerable y pierde mas de su fuerza aceleratriz.

Para dar mayor claridad á efta teoría; fea un Tubo de vidrio baftante largo, vacío de aire, y lleno de agua hafta la tercera parte de su capacidad. Si se inclina efte

tubo para reunir toda el agua en la parte ſuperior y se le da despues ſúbitamente una direccion perpendicular al horizonte, el agua cae al fondo en columna, y hace un ruido baſtante ſemejante al que produciria el golpe de una pequeña columna de marmol ó de un pequeño martillazo. Eſto es lo que se llama *Martillo de agua.*

La caida del agua no produce un golpe ni un ruido ſemejante en un tubo igual del que no se haya extrahido el aire, porque la columna de aire que hay entre el agua y el fondo del tubo se eleva á medida que el agua baxa, divide eſte líquido en muchíſimas partes, retarda desigualmente su caida, y asi le impide caer reunido en columna y dar en el fondo del tubo un golpe inſtantaneo que reſulte del movimiento acelerado é interrumpido de todas ſus partes gravitantes.

FENÓMENO III.

251. *La Pesantez ó Fuerza aceleratriz que solicita á los cuerpos á baxar no es igual en todos los parages de la Tierra. Es mayor baxo los Polos que en Francia, y mayor en Francia que baxo del Equador.*

EXPLICACION. La Demoſtracion de eſte fenómeno eſtá fundada en un *singular Descubrimiento* que se hizo hace como un siglo, y consiſte en que un miſmo Péndulo de ſegundos gaſta mas tiempo en hacer ſus vibraciones ú oscilaciones hácia el Equador que en Francia, y mas en Francia que hácia los Polos. (*Fig.* 12.)

Un *Péndulo de segundos* es una lente peſada P colgada de una varilla plana de cobre F P en la qual por medio de unas ruedas diſpueſtas con exâctitud y regularidad colocadas en F se conſerva un pequeño movimiento uniforme que se da á la lente P dexándola caer de la extremidad D de su arco. Se ſube ó baxa la lente P haſta que corra preciſa y conſtantemente en un ſegundo ſu arco D D ó *m m* : ó *n n.* Se puede ver en nueſtro Curſo de Matemáticas elementares pag. 7. y 11. una explicacion mas extenſa del Péndulo de ſegundos

simple y compuesto. Este Instrumento es el que ha hecho descubrir á fines del Siglo pasado que los Cuerpos pesaban mas en Francia que hácia el Equador.

I.° El Célebre Académico Richer habiendo pasado á Cayena por órden del Rey en 1672 observó el primero con sorpresa que su Péndulo de segundos cuya largura era de tres pies, ocho lineas y tres quintas, y que hacia en Paris sus oscilaciones en un segundo no era exâcto en la Isla de Cayena donde cada oscilacion duraba un poco mas de un segundo. Le fué pues necesario acortar su Péndulo una línea y quarta á lo menos en esta Isla situada á los cinquenta grados de latitud para hacerle exâcto como lo era en Paris á los 48 grados y 50 minutos.

El mismo Fenómeno han observado posteriormente en la Isla de Gorea, de San Cristoval y de Santo Domingo Varin y Deshayes; en la Martinica Feuillée y Camphel; en Panamá Bouguer y la Condamine enviados al Perú para medir un grado del Meridiano terrestre hácia el año de 1738.

II.° Los Académicos Franceses que hácia el mismo tiempo habian ido á Laponia á medir un grado del Meridiano terrestre baxo del Círculo Polar, observáron que su Péndulo de segundos que hacia en Paris exâctamente una oscilacion por segundo gastaba poco menos de un segundo en hacer una oscilacion baxo del Círculo Polar; y asi les fué necesario alargar su Péndulo P para hacerle exâcto.

III.° Segun Richer, Varin, Deshayes, Mayrán, Picard y Maupertuis un Péndulo de segundos P debe tener 440 líneas y media de largo con mui corta diferencia en Paris para correr exâctamente el arco D D en un segundo.

Este mismo Péndulo en Cayena debe ser acortado á lo menos línea y quarta segun Richer, ó casi dos líneas segun Deshayes para correr exâctamente en un segundo el arco *m m* un poco mas corto que el arco D D.

Este mismo Péndulo baxo del Círculo Polar se necesita alargar un poco para que recorra exâctamente en

un

un ſegundo el arco *n n*, un poco mas largo que el arco D D. Se pueden ver si se quiere, todas eſtas obſervaciones comparadas entre sí al fin del último Tomo de las Obras de M. de Maupertuis.

IV.° Tenemos pues ſegun todas las obſervaciones que se han hecho en eſta materia y que concuerdan en eſtablecer y demoſtrar el mismo fenómeno, que un mismo Péndulo P cuyas vibraciones D D se hacen en un ſegundo en Francia, gaſta en hacer las mismas vibraciones menos de un ſegundo baxo del Círculo polar y mas de un ſegundo baxo del Equador. De aqui nace la Demoſtracion del fenómeno que acabamos de anunciar, y tenemos que probar.

Demostracion. I.° Quanto mas largo es un Péndulo, mas extenſo es el arco que describe en una oscilacion; y asi los arcos *m m*, *n n* que describe baxo de diferentes longitudes, ſon arcos ſemejantes de circunferencias concéntricas. (*Fig.* 12.)

Quanto mas largo y extenſo es el arco que describe un Péndulo P en un tiempo dado, por exemplo en un ſegundo, tiene mas velocidad, y de consiguiente mas fuerza motriz; pues la *fuerza motriz* no es otra coſa que el producto de la maſa del Péndulo, que es siempre la misma por su velocidad mayor ó menor.

Quanto mas velocidad y fuerza motriz tiene un Péndulo, mayor es la cauſa que produce en él eſta velocidad y fuerza motriz; pues la cauſa es siempre proporcional á su efecto.

II.° ¿Aora pues, qual es la cauſa que produce la velocidad y fuerza motriz del Péndulo P elevado á la extremidad D de su arco? Es evidente por ſola la inspeccion de un Péndulo que eſta cauſa no es, ni puede ſer otra que su *Pesantez*, que es la cauſa general que ſolicita á todos los cuerpos á acercarſe con un movimiento acelerado á el centro de la tierra, pues que ninguna otra cauſa obra entonces ſobre el Péndulo; y pues que el Péndulo elevado á la extremidad de su arco no es ni puede ſer llevado haſta P en la línea de su gravitacion perpendicu-

lar y despues á la extremidad opuesta de su arco, sino mediante el movimiento acelerado de su pesantez.

Luego pues que el *mismo Péndulo* elevado á la extremidad de su arco tiene mas velocidad y fuerza motriz hácia los Polos que en Francia, y en Francia que hácia el Equador, como consta de las observaciones que acabamos de referir; es cierto y evidente que la *Pesantez de este Péndulo*, y de consiguiente de qualquiera otro Cuerpo es mas activa, poderosa y grande hácia los Polos que en Francia, y en Francia que hácia el Equador. L. Q. P. D.

252. NOTA I. Si al *Péndulo de segundos* F P se le quitan las ruedas F, quedará un Péndulo simple que basta por aora para fixar bien nuestra teoría.

I.° Un Péndulo que hace exâctamente una oscilacion D D por segundo en Francia, tiene necesidad de ser acortado hasta *m m* baxo del Equador; porque baxo del Equador *siendo la Pesantez menor* ó mas débil que en Francia, no imprime al Péndulo bastante velocidad para hacerle andar en un segundo un arco tan grande como el que le hacia andar en Francia. (*Fig.* 12.)

II.° Por el contrario un Péndulo que hace exâctamente una vibracion por segundo en Francia, tiene necesidad de ser alargado hasta *n n* para que gaste un segundo entero en hacer una vibracion baxo del Circulo polar; porque *siendo mayor la Pesantez* hácia los Polos que en Francia imprime al Péndulo colocado baxo del Círculo polar mas velocidad que la necesaria para hacerle andar simplemente el arco que andaba en Francia en un segundo, y asi le anda baxo del Círculo polar en poco menos de un segundo.

Por tanto es necesario hacer un poco mas largo este arco, para que el tiempo empleado en andarle mediante una Pesantez ó fuerza aceleratriz aumentada, sea precisamente igual á un segundo.

III.° Segun las Observaciones que han hecho en estos últimos tiempos en Francia y baxo del Círculo polar los Académicos Franceses, la Pesantez en Paris es á la Pesantez baxo el Círculo polar como 100,000 á 100,137, esto es con corta diferencia como 201, á 201 $+ \frac{1}{4}$.

Segun el resultado de las varias Observaciones que se han hecho sobre este mismo objeto en muchos parages desde el Equador hasta el Circulo polar, y de las que se hallará una Tabla en el Tomo quarto de las Obras de Mr. Maupertuis pag. 345 la Pesantez baxo del Equador es á la Pesantez baxo de los Polos como 201 es á 202.

253. NOTA II. En vano fuera recurrir á la condensacion y dilatacion que causa la diversidad de temple baxo del Equador y los Polos, para eludir las conseqüencias que nacen del alargamiento y acortamiento del Péndulo. Este seria un efugio frívolo que es muy facil desvanecer eficazmente; porque

I.° Las experiencias en que ha sido necesario acortar el Péndulo en las Regiones Meridionales cercanas al Equador se han hecho por la mayor parte sobre Montañas mui elevadas donde hacia un frio bastante superior al que se podia experimentar en Paris al tiempo en que se arregláron los Péndulos.

Es pues falso que el acortamiento que ha sido necesario hacer á estos Péndulos para que fuesen exâctos hácia el Equador, provenga de la dilatacion del metal ocasionada del exceso de calor.

II.° Las experiencias en que ha sido necesario alargar el Péndulo en las Regiones Septentrionales se han hecho por lo comun en un tiempo en que estas Regiones tenian un grado de frio menor que el que se experimenta en la Primavera y Otoño en Francia, donde no es necesario alargar los Péndulos por este tiempo.

III.° Un Péndulo de 360. pulgadas de largo en fuerza del exceso de calor que se experimenta en las Regiones meridionales respecto de los calores comunes que se experimentan en Francia no recibiria mas alargamiento que el de una línea, al paso que un Péndulo de menos de 37. pulgadas necesita en Cayena un acortamiento de casi línea y media ó dos líneas.

Luego seria necesario acortar al Péndulo en las Regiones cercanas al Equador incomparablemente mas que puede añadirle el exceso de calor. Luego es falso que la

retardacion del Péndulo en las Regiones Meridionales tenga ó pueda tener por caufa única ó principal la dilatacion del metal ocasionada por el calor de eftos Climas.

IV.° Baxo de un mismo grado de calor medido exâctamente con el termómetro, las vibraciones del Péndulo fon fensiblemente diferentes hácia el Equador que hácia los Polos. Luego la diferencia de eftas vibraciones en eftas Regiones no tiene por caufa la diferencia de temple, sino la diferencia de Pefantez en el Péndulo.

254. Nota III. Es cierto que la Tierra es aplanada hácia los Polos y levantada hácia el Equador, y de consiguiente que los *Radios terrestres* van defcreciendo desde el Equador á los Polos.

De aqui refulta que la *Pesantez de los Cuerpos terrestres*, que va defcreciendo desde los Polos hafta el Equador, es menor y mas débil á medida de que el Cuerpo en que reside se aparta del centro de la Tierra.

Harémos ver en la Teoría del Cielo que la Pefantez ó Fuerza aceleratriz que folicita á los Cuerpos terreftres á acercarfe al centro de la Tierra, se disminuye en la misma proporcion que se aumenta el *Quadrado de su distancia* del mismo centro; y que un mismo Cuerpo que tiene una Pefantez determinada fobre la fuperficie de la Tierra tendria una Pefantez quatro veces menor á doble distancia del mismo centro, cien veces menor á una diftancia diez veces mayor, y 3600. veces menor á la diftancia en que eftá la Luna. (805.)

255. Nota IV. El célebre Dominico Casini midió geométricamente en el Siglo pafado todo el arco del Meridiano terreftre que pafa por Paris desde el fondo del Roffellon hafta Dunkerque, y deduciendo de fus medidas geométricas una especulacion general fobre la Figura de la Tierra, anunció al Mundo sabio como un Descubrimiento interefante, que la Tierra debia de fer alargada hácia los Polos y aplanada hácia el Equador.

Bien perfuadido Newton de la Revolucion diurna de la Tierra, para confrontar con la Experiencia y la Especulacion el Defcubrimiento de Casini hizo un *Globo*

de piel flexíble : le llenó de agua, le hizo dar vueltas rápidamente ſobre su exe, y obſervando que figura tomaba en su revolucion, vió que se inflaba hácia su Equador, y se aplanaba hácia ſus Polos.

En fuerza de eſta obſervacion se contentó con anunciar modeſtamente al Público, que la hipótesis del alargamiento de la Tierra hácia los Polos, y aplanamiento hácia el Equador no concordaba con la obſervacion que habia hecho, ni con la Teoría del Movimiento: que ſegun la experiencia que acababa de hacer y ſegun la teoría del movimiento, describiendo las partes aqüeas de la Tierra círculos mas grandes baxo del Equador que hácia los Polos, debian tener mas *Fuerza centrífuga* baxo del Equador que lexos del Equador y hácia los Polos; que teniendo mas fuerza centrífuga hácia el Equador debian perder mas de su fuerza centrípeta ó peſantez; que perdiendo de su fuerza centrípeta ó peſantez deberian ſoſtenerſe á mayor elevacion hácia el Equador para hacer equilibrio por el exceſo de su maſa, con las que pueſtas hácia los Polos pierden menos de su peſantez, y en fin que los Cuerpos ſólidos igualmente que los líquidos y fluidos dando vueltas diariamente al rededor de la Tierra con velocidades desiguales debian tener *menos pesantez baxo del Equador*, que lexos del Equador y cerca de los Polos.

Eſte raciocinio de Newton era conforme con la experiencia que habia hecho con su globo, y con el descubrimiento de Richer. Las obſervaciones aſtronómicas que se han hecho en eſte Siglo en el Perú, en el Cabo de Buena-esperanza, y baxo del Circulo polar, y en otros parages han acabado de convertirle en una Demoſtracion completa. Asi pues el Aplanamiento de la Tierra hácia los Polos eſtá hoy difinitivamente adoptado, y la opinion contraria generalmente abandonada.

RESULTADO DE ESTOS DOS PRIMEROS TRATADOS.

256. Conclusion. La *naturaleza de la Materia* y la *naturaleza de los Cuerpos* son los interesantes Objetos que nos habiamos propuesto exponer y desenvolver en estos dos primeros Tratados en que hemos hecho pasar sucesivamente en revista todas las propiedades generales que se han descubierto hasta aora, asi en la Materia como en los Cuerpos.

¿Nos podemos lisongear de que conocemos todas las propiedades de la Materia y de los Cuerpos? No. Todavia hay una infinidad de descubrimientos que hacer sobre este objeto inmenso. Pero bien nos podemos lisongear sin temeridad de que sabemos que todas las Propiedades que nos pueden ser desconocidas en los Cuerpos nacen y deben nacer de las *Propiedades generales* que nos han dado á conocer en ellos las Observaciones de muchos millares de años, como de su extension, de su divisibilidad, de su atraccion recíproca, de la diversidad de sus partes integrantes y constituyentes, de su porosidad, pesantez, movilidad &c.

De suerte que si no conocemos formal y explícitamente en sí mismas todas las Propiedades que pueden caracterizar cada especie de cuerpos, conocemos á lo menos implícita y confusamente las Propiedades que por aora no penetramos ó nunca podrémos penetrar en los Cuerpos, viendo estas *Propiedades ocultas* en su raiz ó fuente, ó en las Causas conocidas que combinadas deben darlas exîstencia. (*Met.* 615. y 719.)

ELEMENTOS DE FISICA.

TRATADO TERCERO.

TEORIA GENERAL DEL MOVIMIENTO.

Expuesta ya la Teoría general de la Materia vamos á desenvolver la Teoría general del Movimiento; de aqui resultará la Teoría general de la Naturaleza visible que no encierra en sí otra cosa que Materia y Movimiento.

¡Da lástima ver esta interesante *Teoría del Movimiento* envuelta muchas veces en densas tinieblas, y fundada algunas en principios falsos y reglas erradas en muchos Autores de reputacion! Procurarémos darla toda la claridad de que es susceptible, y desterrar de ella todos los errores y equivocaciones que á veces la han desfigurado.

La Estimacion del movimiento, sus Obstáculos, sus Leyes generales, y su Comunicacion, son los objetos de que tratarémos en las quatro Secciones siguientes.

SECCION PRIMERA.

ESTIMACION DEL MOVIMIENTO Ó DE LAS FUERZAS MOTRICES.

257. Definicion I. El *Movimiento* es el transporte ó tránsito succesivo de un Cuerpo de un lugar á otro, sean las que quieran la causa, direccion y rapidez por que y con que se hace este tránsito ó transporte.

I.° Asi el Lugar como el Movimiento es absoluto y relativo, como ya lo hemos dicho y explicado en nuestra Metafísica. (*Met.* 251 *y* 253.)

II.° Solo Dios es la causa eficiente del Movimiento: el hombre, el bruto y la materia son solamente causas ocasionales. (*Met.* 789.)

258. Definicion II. Se llaman *Diferencias del movimiento* las modificaciones que hacen, que un movimiento se distinga de otro.

Un movimiento se distingue de otro, ó por su direccion, ó por su velocidad, ó por su quantidad, ó por su combinacion.

Por exemplo un Movimiento horizontal se diferencia de un Movimiento vertical en la *Direccion.* Un movimiento menos rápido se diferencia de otro mas rápido en la *Velocidad.* Un movimiento como 2 se diferencia de otro como 4 en la *Quantidad.* Un movimiento compuesto de muchos movimientos se diferencia de un movimiento simple, ó de un movimiento mas ó menos compuesto en la *Combinacion.*

259. Definicion III. Todo Movimiento ó es en línea recta ó en línea curva. El movimiento tanto en línea recta como en línea curva es ó uniforme, ó acelerado, ó retardado.

El movimiento es *uniforme* quando es siempre igual á sí mismo; quando no padece aumento ni diminucion en su duracion ni en sus progresos. El movimiento es *acelerado* quando se aumenta sin cesar cada vez mas, como el movimiento de una bomba que cae perpendicular ú obliqüamente al horizonte. El movimiento es *retardado* quando va disminuyéndose sin cesar, como el movimiento de una bomba que se eleva verticalmente.

260. Definicion IV. El *Movimiento en línea recta* considerado relativamente á la tierra es ó paralelo, ó perpendicular, ú obliquo al horizonte. Estas nociones son por sí tan claras y sensibles que no necesitan de explicacion alguna.

De-

261. DEFINICION V. Se puede considerar el *Movimiento perpendicular* con relacion á una ſuperficie plana, ó con relacion á una ſuperficie curva.

I.° El Movimiento en línea recta es perpendicular á una *Superficie plana*, quando la línea que deſcribe forma hácia todos lados ángulos rectos con eſta ſuperficie.

Eſte mismo movimiento es obliqüo á la misma ſuperficie quando la línea que deſcribe forma con ella ángulos mayores de un lado que de otro. Eſte mismo movimiento ſeria paralelo á la misma ſuperficie, si la línea que deſcribe diſtaſe igualmente de ella por todas partes.

II.° El Movimiento en línea recta es perpendicular á un Cuerpo de *Superficie curva*, por exemplo á una Esfera; quando la línea que deſcribe al tocar en eſte cuerpo prolongada indefinidamente mas allá del punto de contacto, paſaria por el centro de la curvatura. Pero si eſta línea prolongada hubiera de paſar por fuera del centro, el movimiento es obliqüo á eſte cuerpo.

La Velocidad abſoluta y relativa de los cuerpos pueſtos en movimiento, la Quantidad de su movimiento, y el exâmen de las Fuerzas vivas y muertas ſon los tres objetos de que tratarémos en eſta primera Seccion.

PARRAFO PRIMERO.

ESTIMACION DE LA VELOCIDAD DEL MOVIMIENTO.

262. DEFINICION. La *Velocidad de un Cuerpo que se mueve* es la prontitud ó rapidez mayor ó menor con que corre un espacio.

La Velocidad no se puede eſtimar de otro modo que comparando el espacio corrido con el tiempo gastado en correrle. Ariſto anduvo dos leguas caminando á paſo igual y ſoſtenido ¿qual era su velocidad? Sin ſuponer mas que eſto, no se ſabe. Ariſto ha caminado por espacio de dos horas á paſo uniforme ¿qual era su

velocidad? Todavia no se ſabe. Ariſto ha caminado por espacio de dos horas á paſo uniforme y ha andado dos leguas; ya su velocidad es conocida.

La Velocidad pues es el espacio andado, dividido por el tiempo que se ha gastado en andarle; ó bien *la Velocidad es la relacion del espacio andado con el tiempo gastado en andarle.*

Quanto mayor es el espacio y mas corto el tiempo, mayor es la velocidad. Quanto mas pequeño es el espacio y mas largo el tiempo, menor es la velocidad.

263. COROLARIO. De eſto se sigue que *la Velocidad puede expresarse por medio de una Fraccion en que el numerador sea el espacio corrido, y el denominador el tiempo gastado en correrle.*

Tal es eſta fraccion $\frac{E}{T} = V$: ó eſta $\frac{e}{t} = v$.

De aqui nacen eſtas quatro Reglas que sirven para comparar y eſtimar la *Velocidad relativa* de diferentes cuerpos.

REGLAS GENERALES SOBRE LAS VELOCIDADES RELATIVAS.

264. REGLA I. *Si los espacios andados y los tiempos gastados en andarlos son iguales, las Velocidades son iguales.*

Porque dos fracciones ſon iguales quando ſus numeradores y denominadores ſon iguales: por exemplo $\frac{10}{12} = \frac{10}{12}$.

265. REGLA II. *Si los tiempos son iguales y los espacios andados desiguales, las Velocidades son entre sí como los espacios.*

Porque dos fracciones que tienen un mismo denominador ſon entre sí como los numeradores, por exemplo $\frac{10}{12} \cdot \frac{20}{12} :: 10 . 20$. (*Mat.* 190.)

266. REGLA III. *Si los espacios andados son iguales y los tiempos gastados en andarlos desiguales: las Velocidades son en razon inversa de los tiempos.*

Porque quando los numeradores de dos fracciones

son iguales, las dos fracciones están en razon inversa de los denominadores, por exemplo $\frac{5}{10}$. $\frac{5}{20}$: : 20. 10.

267. REGLA IV. *Si los espacios y los tiempos son desiguales, las Velocidades son entre sí como los qüocientes de los espacios divididos por los tiempos respectivos.*

Porque siendo desiguales los numeradores y denominadores de dos fracciones, el valor de cada fraccion es igual al quociente de su numerador dividido por su denominador. Por exemplo $\frac{5}{10}$. $\frac{8}{4}$: : $\frac{1}{2}$. 2. (*Mat.* 190.)

PARRAFO SEGUNDO.

ESTIMACION DE LA QUANTIDAD DEL MOVIMIENTO.

268. OBSERVACION. Consta por la experiencia que un *Cuerpo de una masa determinada* tiene tanto mas movimiento ó fuerza motriz, quanto mayor es su velocidad: que un *Cuerpo de una velocidad determinada* tiene tanto mas movimiento ó fuerza motriz, quanto mayor es su masa.

De donde se infiere que *la Masa y la Velocidad deben ambas entrar en la estimacion de la Quantidad del movimiento.* Por exemplo, (*Fig.* 17.)

1.° Si dos Cuerpos A y B iguales en masa parten á un mismo tiempo de un mismo sitio, y llegan al mismo tiempo á un mismo término, bien se comprehende que tienen una misma quantidad de movimiento.

Pero supongamos que la masa del cuerpo A es al doble mayor que la del cuerpo B, y que ambas llevan una misma velocidad; ya se comprehende que la *Mitad del cuerpo A* debe tener tanto movimiento como todo el cuerpo B, y que todo el cuerpo A en razon de su masa equivalentemente doble debe de tener dos veces mas movimiento que todo el Cuerpo B.

Luego *para estimar el Movimiento* ó *la Fuerza motriz se debe atender á la masa.*

II.° Si dos Cuerpos A y B iguales en masa parten á un mismo tiempo de un mismo sitio, y el cuerpo A llega á un término mas ó menos distante mucho antes que el cuerpo B: bien se conoce que el cuerpo A debe tener mas quantidad de movimiento que el cuerpo B.

Por exemplo, se comprehende que el cuerpo A tendrá dos ó quatro veces mas movimiento que el cuerpo B, si el cuerpo A llega al término comun dos ó quatro veces mas pronto que el cuerpo B.

Luego *para estimar el Movimiento ó la Fuerza motriz se debe atender tambien á la velocidad.*

Luego la Masa y la Velocidad deben ambas entrar en la estimacion del Movimiento ó de la Fuerza motriz, pues que mayor masa ó mayor velocidad en un cuerpo le da mayor quantidad de movimiento.

269. Asercion. *La Quantidad de movimiento en un cuerpo es el producto de la masa por la velocidad, ó de la velocidad por la masa.*

Demostracion. I.° Quando dos quantidades concurren á formar una *tercera quantidad*, es claro que esta tercera quantidad debe ser el producto de las quantidades generantes.

Es asi que la Masa y Velocidad concurren juntas á formar la quantidad del movimiento, como acabamos de observar: luego la quantidad del movimiento debe ser el producto de la masa y de la velocidad multiplicadas indiferentemente una por otra.

II.° La experiencia confirma y demuestra la verdad de esta teoría; porque para dar en todos los *Movimientos mecánicos* doble fuerza motriz á un cuerpo, basta doblarle la masa ó la velocidad; y para hacer su fuerza motriz ó su quantidad de movimiento tres ó quatro veces mayor, basta triplicar ó quadruplicar su masa ó su velocidad, y así progresivamente.

Luego la *Quantidad de movimiento* en un cuerpo qualquiera que sea es siempre el producto de la masa por la velocidad, ó de la velocidad por la masa. (L. Q. P. D.)

270. Nota. De esta teoría asi expuesta y aclarada se

derivan como otros tantos Corolarios, las cinco Reglas siguientes que sirven para comparar y eſtimar la *Quantidad reſpectiva* del Movimiento ó Fuerza motriz que tienen dos cuerpos, cuya maſa y velocidad ſon conocidas.

No harémos aqui mas que proponer eſtas Reglas sin detenernos á demoſtrarlas: porque en sí mismas llevan su demoſtracion entera y completa, fundada ſobre los principios manifieſtos que acabamos de ſentar, y ſobre las mas ſencillas nociones de la Multiplicacion arithmética ó algébrica.

REGLAS GENERALES SOBRE LAS FUERZAS RESPECTIVAS.

271. Regla I. *Quando dos Cuerpos tienen la misma masa y velocidad, uno que otro, tienen igual cantidad de movimiento.*

Porque ſea M ó m la expresion de la maſa: V ó u la expresion de la velocidad; claro eſtá que $M \times V = M \times V$, ó $m \times u = m \times u$.

272. Regla II. *Quando dos Cuerpos son iguales en masa y desiguales en velocidad, sus quantidades de movimiento respectivas son entre sí como sus velocidades.*

Porque es claro, que $M \times V. M. \times v. :: V. v.$ (*Math.* 221.)

273. Regla III. *Quando dos Cuerpos son iguales en velocidad y desiguales en masa, sus quantidades de movimiento respectivas son entre sí, como sus masas.*

Porque es claro ſegun la misma proposicion matemática que $V \times M. V \times m :: M. m.$

274. Regla IV. *Quando dos Cuerpos son desiguales tanto en masa como en velocidad; sus quantidades de movimiento respectivas son entre sí como los productos de las masas por las velocidades respectivas.*

Porque eſtas dos Fuerzas motrices no ſon otra coſa que el producto de cada maſa por su mayor ó menor velocidad particular.

275. Regla V. *Si dos Cuerpos* M *y* m. *son desiguales en masa y en velocidad, de tal suerte que* M *exceda á* m *en masa precisamente otro tanto como* m *excede á* M *en*

velocidad : sus quantidades de movimiento son iguales.

Y recíprocamente *si las quantidades de movimiento son iguales en dos cuerpos de masa desigual : sus velocidades estan en razon inversa de sus masas.*

Demostracion. I.° La primera parte de esta Regla es evidente. Porque dos productos son necesariamente iguales, quando el multiplicando M del primero es al multiplicando *m* del segundo, como el multiplicador V del segundo es al multiplicador *u* del primero. Por exemplo $10 \times 5 = 5 \times 10$.

II.° La segunda parte de esta Regla no es menos evidente. Porque si dos Productos son iguales, es absolutamente necesario que haya proporcion entre las quatro cantidades desiguales de que resultan. (*Math.* 172.)

Pues para que haya semejante proporcion entre las quatro quantidades de que aqui tratamos, es absolutamente necesario que la masa grande M sea á la masa pequeña *m*, como la velocidad grande V á la velocidad pequeña *u*.

Por exemplo si $M \times v = m \times V$: Luego M. *m* : : V. *u*. Otro exemplo, si $10 \times 5 = 2 \times 25$. ; luego 10. 2 : : 25. 5 y asi proporcionalmente. (*Math.* 173.)

III.° Esta quinta Regla es el principio fundamental de toda la Mecanica, ciencia que enseña el modo de vencer las resistencias mas grandes por medio de masas muy pequeñas, lo que se consigue aumentando la velocidad en la masa pequeña hasta tal grado que resulte en ella un producto igual ó superior al de la masa grande multiplicada por su velocidad pequeña. (421.)

276. Nota I. Para valuar las Masas y Velocidades cuya estimacion debe necesariamente entrar en la estimacion del Movimiento es necesario compararlas con *Medidas análogas y conocidas.* Por exemplo

I.° La *Quantidad de las Masas* en dos cuerpos se estima por sus pesos, y por la comparacion de sus pesos con pesos conocidos y determinados.

Una masa de plomo y otra de corcho de una libra cada una, son iguales. Una masa de plomo de una libra, y

otra de plomo ó corcho de una onza son entre sí como 16 es á 1.

II.° La *Quantidad de las Velocidades* en dos cuerpos se estima como hemos dicho, dividiendo en cada uno de por sí el espacio andado por el tiempo que se ha gastado en andarle: hecho lo qual los qüocientes respectivos expresarán las velocidades respectivas.

El espacio se mide por toesas, pies, pulgadas y lineas. El tiempo por horas, minutos, segundos, terceros, &c.

277. Nota II. Supuesta la teoria de la *Quantidad del Movimiento* que acabamos de exponer, segun la qual es siempre igual al producto de la velocidad por la masa, ó de la masa por la velocidad:

I.° Se comprehende como unos *Cuerpos de una pequeñez prodigiosa*, como son las moléculas de fuego, de materia eléctrica y los espíritus animales producen efectos tan grandes.

La pequeñez de la masa se compensa en ellos con el grandor excesivo de la velocidad; y el producto que expresa su fuerza motriz ó su quantidad de movimiento viene á ser muy considerable mediante esta excesiva velocidad á pesar de la pequeñez de la masa.

II.° Se comprehende ademas como un *pequeño Guijarro elástico* metido entre dos peñascos muy grandes, de los quales el uno desgajándose va cayendo y carga sobre el otro con una velocidad mui lenta, escapa á veces con una velocidad prodigiosa, con una velocidad incomparablemente superior á la de la masa enorme que le imprime el movimiento.

Este guijarro ha sido comprimido por el producto de la masa y de la velocidad del grueso peñasco que cargó sobre él, y segun las *Leyes de la Compresion y Reaccion*, que explicarémos bien pronto, ha escapado y corrido con una quantidad de movimiento igual á la Fuerza comprimente, lo qual no podia ser sin que este guijarro que es de una masa mui pequeña adquiriese una velocidad mui grande.

PARRAFO TERCERO.

EXAMEN DE LAS FUERZAS VIVAS Y MUERTAS.

278. Observacion. ¡He aqui una materia que parece el escándalo de la Física! Se ve en ella á los mayores Físicos y mejores Matemáticos fundados en observaciones Físico-Matemáticas dividirse en opiniones diametralmente opuestas. ¡Que plausible pretexto de triunfo para el ciego é insensato Pirrónico! Pero bien pronto harémos ver que este escándalo filosófico consiste únicamente en *una Mala inteligencia*, y que ambos partidos convienen en el fondo de las cosas.

I.° Se llama *Fuerza muerta*, una fuerza que lucha en vano contra una resistencia que no puede vencer. Por exemplo

Si sobre los dos platillos de una balanza se pone en el uno un peso de dos libras, y en el otro uno de una libra: este peso de *una libra* es una fuerza muerta, una fuerza como destruida por la fuerza ó la resistencia opuesta.

Si sobre los mismos dos platillos se ponen de una y otra parte pesos iguales de suerte que estén en equilibrio; una y otra fuerza es en este caso fuerza muerta, fuerza que destruida por la opuesta parece destituida de accion. *Vis cujus actio perseveranter eliditur, et quasi mortua remanet.*

II.° Se llama *Fuerza viva*, una fuerza que vence la resistencia opuesta, que mueve y hace mudar de lugar al cuerpo que se opone á su accion.

Por exemplo, si sobre los dos platillos mencionados se pone en uno un peso de diez libras, y en el otro un peso de doce, el *peso de doce libras* es una fuerza viva: una fuerza cuya accion mueve el obstáculo, y queda vencedora de la resistencia que este le opone. *Vis cujus accio non eliditur, sed victo obice viva remanet.*

El célebre Buffon da otra idea de las Fuerzas vivas

y muertas ; pero la que él da nada tiene que ver con el objeto de la qüestion presente.

279. Nota I. La Fuerza viva y la Fuerza muerta tienen una y otra una accion mui real y activa. La *Accion de la Fuerza viva* consiste en vencer la fuerza que se la opone. *La de la Fuerza muerta* en destruir en la fuerza opuesta una quantidad de fuerza igual á la suya.

I.° Como la accion de la Fuerza muerta es constantemente destruida por el obstáculo ó resistencia que encuentra : el efecto de todos sus exfuerzos constante y perseverantemente destruidos es siempre el mismo sin aumento , ni diminucion alguna en todo el tiempo que dura su accion.

II.° No es lo mismo de la accion de la Fuerza viva. Como esta fuerza triunfa del obstáculo que se la opone, y despues de haber movido el cuerpo resistente queda todavia viva y activa, y continúa en obrar sobre el cuerpo que lleva tras de sí ; el efecto de sus exfuerzos , de sus *conatos* contra este cuerpo es un efecto que siempre se aumenta , un efecto proporcional á la intensidad y duracion de todos sus exfuerzos colectivamente tomados.

Por exemplo en un *Peso de diez libras* , que lucha en una balanza contra un peso igual ó mayor por espacio de quatro segundos : el último exfuerzo , el *último conato* no produce mas ni menos efecto que el primero; este exfuerzo siempre destruido queda siempre igual á 10.

Pero en un *Peso de diez libras* , que en una balanza levanta un peso opuesto por el mismo espacio de quatro segundos : despues del primer exfuerzo que ha hecho perder su lugar , y empezado á llevar tras de sí el obstáculo , el cuerpo vencedor conserva todavia su fuerza, y continúa en exercerla durante todo el tiempo que el cuerpo opuesto se halla sometido á su accion. Si esta accion ha hecho un exfuerzo , y producido un efecto como 10. durante el primer segundo : hará un nuevo exfuerzo , y producirá un nuevo efecto como 10. en cada segundo siguiente ; y asi imprimirá al cuerpo que lleva tras de sí un movimiento que siempre irá creciendo.

De donde resulta que un exfuerzo como 10. en una fuerza muerta que no puede ya repetir ni acumular el efecto siempre nulo de su accion, es siempre igual á 10: al paso que un exfuerzo como 10. en una fuerza viva si se repite dos veces, es igual á 20, si quatro á 40, y si diez á 100.

III.° Unícamente atendemos aqui á la *accion misma de la Fuerza viva*, sea la que quiera su direccion, su intensidad, y la quantidad de su efecto.

Sea que ella obre de arriba abaxo, ó de abaxo arriba, en una direccion paralela ú obliqua al Horizonte: sus exfuerzos se repiten contra el obstáculo que lleva tras de sí mientras que está sometido á su accion, y el *Resultado de sus exfuerzos* quando se acaben, será proporcional á su intensidad y duracion.

280. Nota II. Antes del fin del último Siglo todos los Físicos del Mundo estaban de acuerdo sobre la estimacion de las Fuerzas vivas y muertas: y las miraban indistintamente á unas y otras, como que eran en toda especie de cuerpos el *Producto de la masa y de la velocidad.*

Un Genio superior nacido para obrar revoluciones en los espíritus, el famoso Leibnitz quiso establecer una *Distincion singular* entre estas dos especies de fuerzas. Afirmó y sostuvo que en las fuerzas muertas la quantidad del movimiento es el producto de la masa por la simple velocidad, pero que en las vivas la quantidad del movimiento es el producto de la masa por el quadrado de la velocidad. Por exemplo sea una bala de á libra movida con una velocidad como 100, ó con una velocidad en virtud de la que ande cien toesas en un segundo. Segun Leibnitz

I.° Si esta bala da en un muro que no puede derribar; su fuerza motriz es una *Fuerza muerta*, igual al producto de su masa 1. por su velocidad 100. En este caso la Fuerza $F = 100$.

II.° Si esta bala da en un muro que derriba con facilidad, su fuerza motriz es una *Fuerza viva*, igual al producto de su masa 1. por el quadrado de su velocidad.

100., el qual quadrado es 10000. En este caso la Fuerza F = 10000.

La fuerza pues de esta misma bala movida siempre con la misma velocidad, es segun Leibnitz cien veces mayor en el segundo caso que en el primero.

III.° Por extraña que parezca esta opinion no ha dexado de dividir en Partidos al Mundo Filosófico; y la *Distincion de las Fuerzas vivas y Muertas*, impugnada por los mas de los Físicos Ingleses y Franceses, quienes se han atenido al cálculo antigüo, ha sido adoptada con entusiasmo por la mayor parte de los Físicos Alemanes y Holandeses, tales entre otros, como los Muschembroeks, los s' Gravesandes, los Wolfios, quienes han seguido el cálculo de Leibnitz.

PROPOSICION.

281. *No se debe admitir distincion alguna real entre las Fuerzas vivas y muertas, y la disputa que tiene dividido sobre este objeto al mundo filosófico no parece que es otra cosa que una mera qüestion de nombre en que todos convienen en la cosa que se disputa.*

Demostracion. Para probar esta proposicion harémos ver que la *Opinion de Leibnitz* es una paradoxa opuesta á lo que la razon enseña, y que las experiencias que nadie niega, sobre las que funda él esta paradoxa, nada prueban á su favor.

I.° *La Opinion de Leibnitz parece opuesta á la Razon*, y lo demuestro.

Todos convienen unánimemente en que las *Fuerzas muertas* deben estimarse multiplicando la masa por la simple velocidad. Es asi que las Fuerzas muertas, sin mudar intrínsecamente de naturaleza, sin adquirir nada absolutamente real, se harian *Fuerzas vivas* si cediese el obstáculo que las detiene: Luego si cediendo el obstáculo, las Fuerzas muertas se hiciesen Fuerzas vivas, deberian estimarse como quando eran muertas por el simple producto de la masa y velocidad, pues que su naturaleza

es siempre intrínseca y positivamente la misma, sea que resista, sea que ceda el obstáculo.

¿A quien se persuadirá que la bala de que acabamos de hablar, (280.) teniendo siempre la misma masa y la misma velocidad, tenga intrínsecamente en sí misma una fuerza ya como 100. ya como 10000. en razon únicamente del acaso extrínseco, que se verifique de parte del obstáculo que encuentra? ¡Que extraña paradoxa! Si fuera posible que se la fundase en una demostracion rigurosa, semejante demostracion no conseguiria de nosotros mas que hacernos dudosa y sospechosa la certidumbre misma de las Demostraciones físico-matemáticas.

II.° *La Opinion de Leibnitz no está probada por la Experiencia*, y lo demuestro.

Todos los Filósofos están de acuerdo acerca de la estimacion del efecto producido por las *Fuerzas vivas*. Tanto los que adoptan como los que impugnan la Distincion de Leibnitz convienen en que el efecto producido por dos Móviles, que vencen el obstáculo que se les opone, es igual despues de consumidas sus fuerzas al producto de las masas por el qnadrado de las velocidades respectivas.

Por exemplo, convienen en que si *dos Balas* cuyas masas son iguales, y las velocidades como 2 á 1 chocan contra un obstáculo igual que cede á su fuerza motriz, el efecto de la primera será quádruplo del de la segunda despues de consumidas sus fuerzas.

Convienen tambien en que si *dos Globos iguales* empiezan á rodar con velocidades, que sea la una triple de la otra sobre una superficie horizontal que ocasione una frotacion ó resistencia uniforme, los espacios corridos por estos dos globos, quando se hayan consumido sus fuerzas motrices, serán como 9 á 1.

Convienen tambien en que si estos dos globos al tiempo de empezar á moverse encuentran sobre el plano horizontal otros dos de igual masa y elasticidad que ellos, estos otros dos con quienes chocan, quando hayan perdido todo el movimiento que se les haya comunicado por

el choque, habrán corrido espacios que serán entre sí como 9 á 1.

No hay oposicion alguna entre los Físicos acerca de estos efectos que la experiencia comprueba. ¿Pero estos efectos incontestables forman una demostracion en favor de la distincion de Leibnitz? No sin duda; pues que se los puede explicar estimando las Fuerzas vivas como las muertas por el simple producto de la masa y de la velocidad. He aqui la explicacion de estos fenómenos en la Sentencia opuesta á la de Leibnitz. (*Fig.* 17.)

Explicacion. Sean *dos Bolas* A y B iguales en masa, y movidas sobre un plano orizontal con velocidades que sean entre sí como 2 á 1.

I.° Estimemos el Movimiento ó la Fuerza motriz de estas bolas multiplicando su masa por su simple velocidad. La fuerza motriz de la bola A será doble de la de la B., y experimentando ambas la misma resistencia en el plano sobre que ruedan, es claro que el movimiento de la bola A que es *doble en intensidad* debe ser tambien *doble en duracion.*

Durante todo el tiempo en que ambas bolas se mueven, la bola A anda ó corre doble espacio que la bola B: y quando la bola B se para, la bola A conserva todavia su movimiento, el qual no se acabará hasta que haya hecho andar á la bola á quien anima, un espacio todavia igual al precedente. No se parará pues la bola A en fuerza de su *Movimiento doble en sí mismo* del de la bola B, hasta que haya andado un espacio quatro veces mayor que la bola B.

Si esta bola A hubiera tenido seis veces mas velocidad que la bola B, hubiera tambien tenido una quantidad de movimiento seis veces mayor *en intensidad*, que hubiera sido tambien seis veces mayor *en duracion.* De consiguiente despues de consumidas sus fuerzas, la bola A con una quantidad de movimiento únicamente seis veces mayor en sí misma hubiera andado un espacio 36 veces mayor que el de la bola B.

II.° Si se supone que las *dos Bolas iguales y elásticas*

A y B movidas con velocidades como 2 y 1 encuentran ſobre un plano orizontal dos bolas eláſticas de igual maſa: bien claro eſtá que en el tiempo en que se hace la compresion entre eſtas quatro bolas, la bola A como que tiene dos veces mas velocidad hará dos exfuerzos contra la bola que encuentra en el miſmo inſtante determinado en que la bola B, como que ſolo tiene la mitad menos de velocidad, no hará mas que un exfuerzo contra la bola que se la opone.

La compresion que cauſa la bola A no debe durar mas que la que cauſa la bola B, porque siendo la reaccion igual á la accion como explicarémos adelante (327), aunque la bola A tiene dos veces mas movimiento que la bola B, tambien experimenta dos veces mas resiſtencia en la compresion; y asi ſu movimiento debe acabarſe en el mismo inſtante que el de la bola B.

Suponiendo pues la compresion acabada de ambas partes en una ſuma igual de inſtantes infinitamente pequeños y las dos bolas impelentes privadas de todo su movimiento: la bola impelida por la bola A debe correr ſobre el plano horizontal con una ſuma de movimiento, que comparada con el movimiento de la bola impelida por la B, ſerá doble en quantidad, y doble en duracion, y de consiguiente quádruplo en su efecto total quando las dos bolas acaben ſus movimientos.

Lo mismo proporcionalmente ſucederia si la bola A tuviera 10 veces mas velocidad que la bola B, pues en eſte caſo la bola impelida y comprimida por la A se moveria con un movimiento 100 veces mayor que el que tendria la bola impelida por la B.

III.° De aqui reſulta que se pueden y deben calcular de un mismo modo las *Fuerzas vivas* y las *muertas*; las primeras multiplicando la maſa por la *Velocidad actual*, que vence al obſtáculo y produce libremente todo su efecto; las últimas multiplicando la maſa por la *Velocidad inicial*, que vencida por el obſtáculo tira en vano á producir todo su efecto.

Luego no se debe admitir Diſtincion alguna real entre las fuerzas vivas y las muertas. (L. Q. P. D.)

OBJECCIONES Y RESPUESTAS.

282. OBJECION I. En las Fuerzas vivas siendo las maſas iguales ſon los efectos como los *Quadrados de las velocidades*, ſegun confieſan los miſmos partidarios de la Sentencia opueſta á la de Leibnitz ; luego las fuerzas que ſeguramente deben ser como los efectos producidos , ſon tambien como los quadrados de las velocidades , y no como las simples velocidades.

RESPUESTA. I.° En las Fuerzas muertas como en las Fuerzas vivas , siendo iguales las maſas y velocidades serian tambien iguales los efectos , si las fuerzas muertas pudieſen exercer toda su actividad como lo hacen las vivas , pueſto que no las falta á las muertas para ſer vivas , otra coſa que vencer su obſtáculo , la qual condicion es enteramente extrínſeca y eſtraña á su naturaleza y actividad.

Luego pues que la actividad de las fuerzas muertas y vivas es la misma en su naturaleza , debe ſer ſometida á la misma eſtimacion ó al mismo cálculo.

II.° Las *Fuerzas muertas* , despues de que su primer exfuerzo ha sido vencido por la resiſtencia del obſtáculo no pueden exercer un exfuerzo ſegundo que venza al obſtáculo : y asi el primer exfuerzo de las fuerzas vivas es la expresion de toda su accion , la qual nada puede producir de nuevo despues de eſte primer exfuerzo inútil.

En las *Fuerzas vivas* al contrario, despues del primer exfuerzo el obſtáculo que cede da lugar á nuevos exfuerzos de parte de la fuerza viva , y la ſuma acumulada de eſtos exfuerzos produce en realidad lo que los exfuerzos de la fuerza muerta ſolo tiran á producir , ó producen ſolamente en potencia.

Luego siendo las mismas en su naturaleza las Fuerzas muertas y las vivas, y no diferenciándoſe en otra coſa que en que la actividad de las primeras no puede des-

plegarſe al paſo que puede hacerlo la actividad de las ſegundas, no debe eſtablecerſe entre ellas diſtincion alguna real.

III.° Admitimos en horabuena todas las experiencias y cálculos por medio de los que se prueba que en las *Fuerzas vivas* comparadas entre sí, los efectos ſon como los productos de las maſas por los quadrados de las velocidades.

¿Pero que se sigue de aqui? Se sigue únicamente como ya hemos explicado, que en dos Fuerzas motrices ſean las que se quiera, siendo la quantidad de accion el producto de la maſa por la simple velocidad se debe atender á un tiempo para eſtimarlas tanto á la *quantidad de la accion*, como á la *duracion de ella.*

IV.° ¿Si las Fuerzas vivas ſon entre sí como los efectos que produce su accion, porque las Fuerzas muertas no deberian ser entre sí como los efectos que su accion tira á producir? Luego si se eſtiman las Fuerzas vivas multiplicando la maſa por el quadrado de la velocidad, ſeria igualmente neceſario eſtimar las Fuerzas muertas multiplicando su maſa por el quadrado de su velocidad, lo que no admiten los Partidarios de Leibnitz.

V.° La quantidad ó *actividad de las Fuerzas* debe eſtimarſe por el grandor del efecto que producen ó tiran á producir en tiempos iguales, y no por el grandor del efecto que producen en tiempos desiguales.

Y dos Fuerzas vivas A y B con una maſa igual y una velocidad doble la una de la otra, producen en un *tiempo dado* dos efectos que ſon entre sí como las velocidades, y no como los quadrados de las velocidades.

283. Objecion II. ¿Porque se han de eſtimar dos Fuerzas motrices por el efecto que producen en tiempos iguales, por exemplo en el *primer instante* de su impulsion, mas bien que por su efecto total correspondiente á toda la duracion de su accion?

Respuesta. La razon es porque las *Fuerzas motrices* se eſtiman principalmente con relacion á la resistencia de los obſtáculos que tienen que vencer, y eſta re-

resiſtencia exîge que se atienda especialmente á la quantidad del primer exſuerzo, el qual si es vencido por la resiſtencia del obſtáculo hace nulos todos los exfuerzos que le hubieran ſeguido, si hubiera cedido el obſtáculo.

I.° Supongamos que una *Masa de un quintal* ſea preciſamente ſuficiente para resiſtir sin ſer movida, al impulſo del cuerpo A que da en ella con dos grados de velocidad.

Una *Masa de dos quintales* ſerá preciſamente ſuficiente para resiſtir sin ſer movida, al impulſo del mismo cuerpo A que dé en ella con quatro grados de velocidad.

II.° Se ve claramente y todos convienen en que estas dos Fuerzas muertas A × 2, A × 4 ſon entre sí como 1 á 2.

Con todo si en eſtos dos caſos llegaſe á perder el obſtáculo parte de la quantidad de materia con que reſiſte, (lo que es una coſa enteramente extraña á eſtas dos Fuerzas motrices) cediendo el obſtáculo al impulſo del primer choque, el efecto total de eſtas dos fuerzas quando se hubieſen conſumido, ſeria como 1 en el primer caſo y como 4 en el ſegundo. Porque en el primer caſo la fuerza como 1 ſeria = 1 en quantidad, y = 1 en duracion: 1 × 1 = 1. En el ſegundo caſo la fuerza como 2 ſeria = 2 en quantidad, y = 2 en duracion: 2 × 2 = 4.

284. Objecion III. Sean *dos Bolas* A y B movidas ſobre un plano horizontal que oponga por todas partes igual resiſtencia á su movimiento A de una libra con una velocidad 2, y B de dos libras con una velocidad 1.

Segun el cálculo de los que siguen la opinion contraria á la de Leibnitz, eſtas dos bolas tienen igual cantidad de movimiento una que otra; ſegun sus Partidarios la bola A debe tener una quantidad de movimiento doble del de la bola B, porque 1 × 4 quadrado de 2 es igual á 4, y 2 × 1 quadrado de 1 es igual á 2. Luego la disputa ſobre eſte objeto no es como se pretende una mera qüeſtion de nombre. (*Fig.* 17.)

Respuesta. Las dos Fuerzas que aqui se compa-

ran ſon *Fuerzas vivas*, y ſegun confieſan los mismos contrarios, quando se hayan conſumido habrán andado la bola A un espacio igual á 4, y la bola B un espacio igual á 2.

Siendo la bola B doble en maſa, cada una de ſus mitades es igual á toda la bola A, y asi el efecto de la fuerza motriz es el mismo en ambas bolas, porque eſta fuerza motriz transporta de una parte una bola de dos libras á una diſtancia como 2, y de otra una bola de una libra á una diſtancia al doble mayor.

Siendo eſtas dos Fuerzas motrices iguales *en intensidad* ſon tambien iguales *en duracion*; pero la que tiene mas velocidad anda dos Espacios, mientras que la otra no anda mas de uno. La que tiene mas velocidad y menos maſa, ſolo experimenta al andar los dos espacios otra tanta resiſtencia como la que tiene menos velocidad, y mas maſa al andar el uno ſolo.

Reſulta pues todavia no obſtante eſtas objeciones, que la disputa ſobre la *estimacion de las Fuerzas* no es mas que una queſtion de nombre en que todos convienen en los efectos, pero en que los efectos no prueban como pretenden los Sequaces de Leibnitz, una *Distincion real* entre las Fuerzas vivas y muertas.

SECCION SEGUNDA.

OBSTACULOS DEL MOVIMIENTO.

285. Observacion. No tienen todos los Cuerpos igual disposicion al Movimiento; unos oponen mas, y otros menos resiſtencia á las Fuerzas que los mueven ó al movimiento que los anima, ſegun que ſon ó de diferente figura, ó mas ó menos liſas ſus ſuperficies, ó de diferentes densidades, ó en fin ſegun la mayor ó menor resiſtencia que encuentran en los medios por donde se mueven.

I.° Pónganse sobre un mismo Plano horizontal un globo de plomo de diez libras, y un cubo de la misma materia y del mismo peso, que tengan las superficies igualmente lisas.

Sera mas facil mover horizontalmente el globo que el cubo, y si se les imprime un mismo movimiento á uno que á otro, durará mas en el globo que en el cubo. Luego la *figura de un Cuerpo contribuye algo á su mayor ó menor disposicion al movimiento.*

II.° Sean dos Cubos iguales de mármol, el uno perfectamente liso y puesto sobre un plano horizontal tambien muy liso, y el otro desigual y escabroso, y puesto sobre un plano igualmente escabroso y desigual.

Será mas fácil mover, y conservará por mas tiempo el movimiento que se le imprima, el primer cubo que el segundo. Luego *la mayor ó menor lisura en las superficies contribuye tambien algo á la mayor ó menor movilidad de los Cuerpos.*

III.° Sean dos Cubos sólidos de un pie de diámetro, el uno de plomo y el otro de carton, de superficies igualmente lisas, y puestos sobre un plano horizontal tambien liso. Si se les quiere hacer mover sobre este plano se encontrará mas resistencia en el primero que en el segundo, y el exfuerzo que se necesitará hacer para moverlos será proporcional á su densidad ó á la quantidad de materia que tienen baxo de su volúmen, que es el mismo. Luego *los Cuerpos oponen al movimiento una resistencia ocasionada por su densidad, y proporcional á ella.*

IV.° Si dos Cuerpos de igual volúmen, densidad, lisura y figura se mueven el uno en el aire y el otro en el agua, encuentran una desigual resistencia á su movimiento. Luego *la diversidad de los medios en que se mueven los Cuerpos se opone mas ó menos á su movimiento, y á su tendencia á él.*

La resistencia ocasionada por la *diversidad de Densidades* y por la *diversidad de Medios* exîge una explicacion aparte, la qual vamos á dar en los dos párrafos siguientes.

PARRAFO PRIMERO.

LA FUERZA DE INERCIA.

286. Observacion. Hay en la Materia como acabamos de advertir, *una resistencia al Movimiento* ocasionada únicamente por la mayor ó menor quantidad de materia que se ha de mover. A esta resistencia siempre proporcional á la quantidad de la materia la han llamado los Físicos modernos *Fuerza de inercia*; la qual no se debe confundir con lo que hemos llamado en otra parte *Inèrcia de la materia.* (72.)

I.° Se llama *Inerçia de la materia* la incapacidad natural que tiene de darse por sí misma movimiento y accion. Esta es en la Materia una propiedad puramente negativa. (75.)

II.° Llámase *Fuerza de inercia* en la Materia la resistencia ú obstáculo positivo que opone al movimiento si está en quietud; á la quietud si está en movimiento ó á recibir un movimiento diferente del que tiene en proporcion de su masa ó quantidad. Esta es en la Materia una propiedad positiva, sean las que quieran su naturaleza y causa.

Descartes atribuye esta resistencia al movimiento que se experimenta en un cuerpo que queremos mover, al simple *Reposo de las partes.*

Newton mira esta resistencia al movimiento como una *propiedad natural de la Materia*, en virtud de la qual toda materia en reposo opone al movimiento un obstáculo real y positivo siempre proporcional á su masa, sin que el reposo que no es mas que una mera privacion de movimiento, y que por consiguiente nada tiene de positivo influya poco ni mucho en esta resistencia positiva al movimiento.

Una Materia puesta en movimiento opone la misma resistencia positiva á quedar en reposo, como á recibir un movimiento diferente del que tiene.

287. ASERCION I. *Hay en todos los Cuerpos que estan parados una Fuerza de inercia inherente á su naturaleza, en virtud de la qual oponen una resistencia positiva al movimiento.* (*Fig.* 14.)

DEMOSTRACION. Sean *dos Globos no elásticos* A y B, iguales en volúmen y de una misma materia, colgados en el aire ó en el vacío de hilos perpendiculares muy largos. Apártese de su perpendicular M A el globo A, y déxesele caer hácia su perpendicular por un arco de seis grados.

Si este globo A al caer por un arco de seis grados no encuentra con el globo B que se habrá tenido el cuidado de apartar, se moverá hasta seis grados mas allá de su perpendicular; pero si encuentra en el camino con el globo B de la misma masa que él, no llegará en compañia del globo B que impele delante de sí á mas altura que á la de tres grados mas allá de su perpendicular. Sobre lo qual discurro asi:

El *Globo en reposo* opone una resistencia al globo en movimiento, pues á no ser así el globo en movimiento despues de haber dado en el globo en reposo, subiria hasta los seis grados mas allá de la perpendicular; como lo hace quando no encuentra obstáculo alguno. ¿Porque, que motivo habria para que el globo en movimiento encontrando con el globo en reposo, perdiese la mitad de su movimiento si el globo en reposo no le opusiese resistencia alguna? Luego hay en este globo B, y por un juicio de analogía en todo Cuerpo una resistencia real y positiva al movimiento, inherente á su naturaleza, é independiente de todos los obstáculos extraños á ella.

Esta R*esistencia al movimiento*, que se experimenta igualmente en el vacío que fuera de él, es lo que llamamos Fuerza de inercia. Luego hay en todos los cuerpos una Fuerza de inercia inherente á su naturaleza. (L. Q. P. D.)

288. ASERCION II. *Esta Fuerza de inercia es proporcional á la masa ó á la quantidad de materia que resiste.*

DEMOSTRACION. Siendo la Fuerza de inercia inherente á la materia, es claro que reside en cada elemento de materia y que la resistencia que opone debe ser propor-

cional á la ſuma de elementos en que reside, y de consiguiente como las maſas que han de moverſe, doble en una maſa doble, quádrupla en una maſa quádrupla. (L. Q. P. D.)

289. Asercion III. *Esta Fuerza de inercia es independiente de la gravedad de los cuerpos, ó no tiene por causa la gravedad de los cuerpos.*

Demostracion. Si se dexa caer perpendicularmente un Cuerpo ſólido ſea el que quiera, y quando va baxando en fuerza de los impulſos de su gravedad se le pega rápidamente con un martillo, se experimenta en él una reſiſtencia que no puede provenir de su gravedad, pues la gravedad ó peſantez lejos de oponerſe al impulſo del martillo, ſubſtrahe de él en quanto puede el cuerpo á quien anima.

Luego eſte cuerpo y qualquiera otro tiene una Fuerza de inercia, una reſiſtencia al movimiento, cuya cauſa no es su gravedad ó peſantez. (L. Q. P. D.)

290. Asercion IV. *Esta Fuerza de inercia, esta resistencia al movimiento es distinta é independiente del reposo de las partes.*

Demostracion. I.ª Si eſta Fuerza de inercia, ó resistencia al movimiento no es otra coſa en el cuerpo que el *Reposo de las partes* como quiere Descartes se sigue que un cuerpo de qualquiera maſa por enorme que ſea, debe ſer movido por el mas pequeño choque, por el mas leve impulſo del menor átomo. Porque el mas mínimo exfuerzo, el choque mas pequeño, el impulſo mas leve es un movimiento real, y siendo todo movimiento neceſariamente opueſto al repoſo debe neceſariamente acabar el repoſo, siempre que exîſta ú obre el movimiento.

Luego si la Fuerza de inercia no es otra coſa que el repoſo de los cuerpos, un cuerpo de una maſa qualquiera deberia ſer movido por el mas mínimo exfuerzo ó el mas leve impulſo, lo qual es contrario á la experiencia que nos enſeña que hay algunos Móviles á quienes no hace mudar de lugar un movimiento baſtante considerable, y cuya resiſtencia deſtruye el movimiento que les impele. (310.)

Luego hay en los Cuerpos una Fuerza de inercia diſtinta é independiente del simple repoſo de ſus partes.

II.° Acabamos de obſervar en la demoſtracion de la Aſercion precedente que eſta Fuerza de inercia exîſte y se experimenta en los cuerpos, no ſolo quando eſtán en repoſo sino tambien quando eſtán en movimiento. Luego es abſurdo querer confundir eſta Fuerza de inercia con el repoſo de las partes. (L. Q. P. D.)

291. ASERCION V. *Esta Fuerza de inercia es una conseqüencia ó dependencia de la Ley general de la Impulsion.*

EXPLICACION. El miſmo Autor de la Naturaleza que ha eſtablecido las Leyes generales de la impulsion, y decretado que los Cuerpos recibieſen tal movimiento con ocasion de tal choque, ha decretado tambien que los Cuerpos opusieſen *tal Resistencia al movimiento*, y que eſta resiſtencia ó fuerza de inercia fueſe proporcional á la maſa del cuerpo que se intenta mover.

Eſta Fuerza de inercia es tan Qualidad oculta, como el movimiento mismo de la materia. La resiſtencia de los cuerpos como tambien su movimiento ſon un efecto físico que no nace de su propia ſubſtancia, y no tiene ni puede tener por cauſa eficiente, otra que la *accion misma del Autor de la Naturaleza*, mediante la qual eſte Ser Supremo da á todas las coſas el movimiento ó quietud ſegun ciertas Leyes fixas y conſtantes libremente eſtablecidas y pueſtas por él sin interrupcion alguna en accion y execucion. (*Met.* 80 y 783.)

OBJECCIONES Y RESPUESTAS.

292. OBJECCION I. El aire y los demas fluidos que rodean un *Cuerpo en reposo* le impiden ceder libremente al exſuerzo del cuerpo que le impele. Luego la resiſtencia que opone un cuerpo en repoſo á un cuerpo que tira á moverle, se debe atribuir á la resiſtencia de los medios y no á una fabuloſa Fuerza de inercia.

RESPUESTA. I.° Quitar la fuerza de inercia á los cuerpos ſólidos que eſtán en repoſo para atribuirla al aire

y demas fluidos que los rodean, es destruir con una mano para edificar con otra.

II.º El aire y los demas fluidos que rodean los cuerpos en reposo pueden á la verdad oponer alguna resistencia al movimiento de estos cuerpos, porque el aire y los demas fluidos tienen como todos los demas cuerpos una resistencia ó fuerza de inercia proporcional á su masa la qual se opone á su movimiento.

Pero es evidente que los cuerpos quietos oponen á los cuerpos que los impelen una resistencia independiente de la del aire y demas fluidos que los rodean, porque fuera de que esta *resistencia de los cuerpos quietos* se verifica en el vacío casi igualmente que fuera de él, la grandeza de esta resistencia seria proporcional á la grandeza de las superficies, y de consiguiente un globo de carton dado de barniz de un pie de diámetro resistiria tanto como un globo de plomo ó de oro del mismo diámetro, lo que es absolutamente falso.

293. Objeccion II. La Fuerza de inercia es siempre proporcional al peso de los cuerpos, ó á la quantidad de su materia gravitante. Esto parece indicar que la fuerza de inercia es idénticamente lo mismo que la pesantez ó gravedad.

La misma experiencia en que se ha fundado la exîstencia de esta fuerza de inercia (287) no prueba mas que la exîstencia de la pesantez en el globo que está quieto, el qual no puede apartarse de su perpendicular de otra suerte que moviéndose contra la direccion de su pesantez.

Respuesta I. La *Pesantez de los Cuerpos* es efectivamente proporcional á su masa, y la *Fuerza de inercia* lo es igualmente; pero la porcion de estas dos fuerzas no prueba la *identidad de su naturaléza*.

La Pesantez solo obra en una direccion que es la central, pero la Fuerza de inercia obra y resiste hácia todos lados y direcciones: luego la primera es enteramente distinta de la segunda, y la segunda totalmente distinta é independiente de la primera.

Respuesta II. Lo que se objeta contra la Experiencia

cia con que probamos la primera afercion precedente, y en que fundamos la exîftencia de una Fuerza real de inercia en los Cuerpos, nos parece muy mal concebido, y que de ninguna manera prueba la induccion que se quiere facar de ella. (*Fig.* 14.)

I.° Eftando los dos globos colgados de hilos muy largos perpendiculares y cercano el uno al otro como fupone el Autor de efta ingeniofa Experiencia, andando el globo impelido un arco mui pequeño, folo se aparta infinitamente poco de la línea horizontal ; y asi efte globo folo deberia oponer al globo que le impele una resiftencia infinitamente pequeña si obrara únicamente en virtud de su fuerza de gravedad.

II.° Si un globo impele á otro fobre un plano horizontal cuyos puntos eften todos igualmente diftantes del centro de la tierra, el globo impelido opone la misma resistencia fensible al que le impele que en la experiencia que se acaba de citar.

Ahora bien, la resiftencia de un globo impelido sobre un plano horizontal no se puede atribuir á la gravitacion, porque efte globo no se aparta ni tira á apartarfe del centro de la tierra; luego tampoco la resistencia del globo en repofo se deberá atribuir á la gravitacion en la experiencia que se quiere impugnar.

III.° Ya hemos observado que un cuerpo que cae libremente en la direccion de su gravedad y á quien se impele al caer, en la mifma direccion opone al cuerpo impelente, sea en el vacío sea fuera de él una resiftencia que no puede provenir de la gravitacion (289). Luego hay en los Cuerpos una resiftencia al movimiento independiente de su gravitacïon.

Efta Fuerza independiente tanto de la gravitacion como del repofo de las partes, y de la resiftencia de los fluidos que rodean los cuerpos, es lo que llamamos con Newton *Fuerza de inercia*. Luego hay en los Cuerpos, ya eften en repofo ó ya en movimiento una Fuerza de inercia inherente á su naturaleza, é independiente de todas las demas propiedades que tienen.

294. OBJECCION III. Si los Cuerpos tienen una Fuerza de inercia proporcional á su masa; ¿ como un cuerpo pequeño podrá mover á otro de una masa veinte ó treinta veces mayor, siendo asi que la fuerza de inercia del cuerpo mayor excede la fuerza de impulsion del menor?

RESPUESTA. La *Fuerza de inercia* es una fuerza simple, siempre igual á sí misma, é incapaz de aumento ni diminucion, mientras que la masa sea la misma.

Por el contrario *la Fuerza de impulsion* es una fuerza compuesta, que resulta de la masa y la velocidad; y asi una masa pequeña multiplicada por una velocidad susceptible de aumento al infinito puede dar un producto ó una quantidad de Fuerza motriz capaz de exceder la resistencia ó fuerza de inercia que opone una masa mucho mas grande que ella.

PARRAFO SEGUNDO.

RESISTENCIA DE LOS MEDIOS.

295. OBSERVACION. Dos obstáculos generales se oponen al progreso ó duracion del movimiento de un Cuerpo quando encuentra con otros en su carrera.

El primer obstáculo es la *Cohesion de las partes* del cuerpo, que tiene què apartar para proseguir su camino; tal es el obstáculo que detiene el progreso del movimiento de una Cuña que en fuerza de los golpes de la maza penetra ó tira á penetrar por un trozo de madera. Este obstáculo mayor ó menor en todos los cuerpos duros y sólidos es algun tanto sensible en ciertos Líquidos, pero es insensible y como nulo en los Fluidos como el aire, el fuego y la luz.

El segundo obstáculo es la *Fuerza de inercia*, ó la resistencia que oponen á mudar de sitio los Cuerpos sólidos, líquidos y fluidos. De esta especie es el obstáculo

que encuentra una pelota en el agua ó en el mercurio cuyos elementos no tienen cohesion ſensible, ó ſolo tienen una cohesion que es ſeguramente inſuficiente para producir tan grande y tan pronta diminucion de movimiento como producen en la pelota que cae en ellos.

296. DEFINICION. Se llama *Resistencia de los medios* el obſtáculo que oponen á los Cuerpos que se mueven, los Fluidos enmedio ó por entre los quales caminan.

I.° La Tierra, los Planetas y los Cometas moviéndoſe al rededor del Sol, no experimentan resiſtencia alguna ſensible, porque se mueven en el Vacío como lo demoſtrarémos en otra parte. (793).

II.° Los Cuerpos que se mueven cerca de la Tierra experimentan neceſariamente alguna resiſtencia, porque forzoſamente se han de mover, ó en el agua, ó en el aire, ó en otros fluidos que teniendo alguna maſa deben de tener alguna fuerza de inercia, ó resiſtencia al movimiento.

III.° Eſta Resiſtencia de los medios tiene forzoſamente por raiz y cauſa, ó simplemente su *Fuerza de inercia* que les es comun con todos los cuerpos, ó *la adherencia de sus partes entre sí*, si eſtos fluidos eſtán compueſtos de moléculas viſcoſas y coherentes, las que ſea mas fácil mover juntas que ſeparadas.

297. NOTA I. La *Resistencia de Cohesion ó Viscosidad* se percibe algun tanto en la mayor parte de los aceites. En el agua es como inſensible; y es totalmente imperceptible, y se debe tener por nula en el aire, la luz y la materia ſubtil.

En eſtos tres últimos Fluidos ſola la fuerza de inercia es la que puede oponer una resiſtencia ſensible al movimiento de los cuerpos que los atravieſan.

298. NOTA II. La *Resistencia de Cohesion* infinitamente pequeña en el agua se debe tener por ninguna en los grandes movimientos que se hacen con mucha velocidad en eſte líquido, porque entonces la accion de eſta fuerza es ſensiblemente nula en comparacion de la fuerza que se opone.

Pero quando eſtos movimientos vienen á ſer como infinitamente pequeños, *la Cohesion* que es siempre constante, uniforme y proporcional al tiempo puede tener un efecto ſensible acabando de deſtruir por su resiſtencia la porcion infinitamente pequeña de movimiento que todavia conſerva el móvil. Asi un ſólido mas leve que el agua movido horizontalmente en un baño de agua quieta, llega en fin al repoſo entero y perfecto en fuerza de la cohesion infinitamente pequeña de las partes del agua, la qual deſtruye al fin eficazmente un débil reſto de movimiento que por su naturaleza tiraba á ſuscitar siempre, descreciendo al infinito por partes proporcionales.

En la teoría que vamos á dar de los obſtáculos del movimiento prescindirémos enteramente de eſta *Resistencia de cohesion* que miramos como nula en los medios en que se executan los grandes movimientos de la Naturaleza, y pondrémos toda nueſtra atencion en la *Resistencia de inercia* que se experimenta en todos los medios y respecto de todos los Cuerpos.

299. Asercion I. *Si un mismo Cuerpo empieza á moverse con una misma velocidad en diferentes Medios, la Resistencia que estos le oponen es proporcional á sus densidades.*

Demostracion. Quanto mas denſo es un Fluido, mas partes resiſtentes preſenta al ſólido que le penetra, y que no puede penetrarle sin hacer mudar de lugar á un volúmen de fluido igual al ſuyo.

Quanto menos denſo es un fluido, menos partes resiſtentes opone al cuerpo que le penetra, y que ſolo tiene que echar de su lugar á un volúmen de fluido igual al ſuyo. Por exemplo un medio tres veces mas denſo preſenta triple número de partes que echar de su lugar: debe pues oponer una resiſtencia tres veces mayor, y asi á proporcion.

Luego la Resiſtencia que experimenta un cuerpo que empieza á moverſe con una misma velocidad en diferentes medios es proporcional á la densidad de ellos. (L. Q. P. D.)

300. Asercion II. *Si dos Cuerpos semejantes, de gran-*

dor desigual empiezan á moverse con una misma velocidad en un mismo Medio, la Resistencia de este medio será proporcional á las superficies de los dos cuerpos que le atraviesan.

DEMOSTRACION. Quanta mas ſuperficie ſólida é impenetrable, que es de la que aqui se trata, tiene un Cuerpo, mayor es la quantidad de fluido con que encuentra, y á quien echa de su lugar, pues como hemos dicho, encuentra y echa de su lugar neceſariamente un volúmen de fluido igual al ſuyo. Quanto mayor es la quantidad de Fluido impelido y echado de su lugar, mas ſon las partes reſiſtentes con que encuentra el cuerpo que le penetra, pues cada parte de fluido tiene su reſiſtencia particular.

Luego quanta mas ſuperficie tiene un Cuerpo, mas reſiſtencia halla en el medio en que se mueve, y recíprocamente quanta menos ſuperficie tiene un cuerpo, menos reſiſtencia halla en el medio. Luego si *dos Cuerpos* empiezan á moverſe en un mismo medio con una misma velocidad, la reſiſtencia que les oponga eſte medio ſera proporcional á ſus ſuperficies. (L. Q. P. D.)

301. NOTA. Un *globo de madera y otro de plomo* de un mismo diámetro movidos en el aire con una misma velocidad experimentan igual reſiſtencia. Pero el globo de plomo vence mas facilmente eſta reſiſtencia, porque teniendo igual velocidad y mayor maſa que el de madera tiene mas fuerza motriz que oponer á la columna de aire que le reſiſte.

Supongamos que las ſumas de movimiento de eſtos dos globos ſon entre sí como 20 es á 100. Quando la resistencia del aire haya hecho perder diez grados de movimiento á cada uno de eſtos dos globos, el globo de madera habrá perdido la mitad de su movimiento, y el de plomo ſolo habrá perdido la décima parte del ſuyo. De consiguiente el movimiento de eſte mayor en intensidad, ſerá tambien mayor en duracion.

302. ASERCION III. *Si un mismo Cuerpo empieza á moverse en un mismo Medio, por exemplo en el aire con velocidades diferentes, la resistencia del medio será proporcional al quadrado de la velocidad del cuerpo que le penetra.*

Demostracion. Muévase un globo con una velocidad que le haga andar una toesa por segundo, enmedio de un fluido sea el que quiera, por exemplo el aire. En un segundo hará mudar de lugar á una columna de fluido de una toesa de largo, é imprimirá á todas las moléculas del fluido impelido una velocidad igual á la suya.

Muévase despues este mismo globo en el mismo fluido con una velocidad que le haga andar dos toesas por segundo. En un segundo hará mudar de lugar á una columna de fluido de dos toesas de largo, é imprimirá á todas las moléculas del fluido impelido una velocidad igual á la suya; esto es una velocidad doble de la precedente.

I.° En el primer caso el Móvil echa de su lugar una quantidad de fluido como 1, á quien imprime una velocidad como 1, y como pierde otro tanto movimiento como comunica, y comunica el movimiento á proporcion de la resistencia que experimenta, pierde una quantidad de movimiento cuya masa es 1, la velocidad 1, el producto $1 \times 1 = 1$.

II.° En el segundo caso el Móvil echa de su lugar á una quantidad de fluido como 2, á quien imprime una velocidad como 2: pierde pues una quantidad de movimiento cuya masa es 2, la velocidad 2, y el producto $2 \times 2 = 4$.

De consiguiente el movimiento perdido por el Móvil, y por tanto la resistencia opuesta por el fluido son en estos dos casos como 1 es á 4: es decir como el quadrado de la primera velocidad es al quadrado de la segunda.

III.° La Teoría que acabamos de aplicar á estos dos exemplos de velocidades desiguales, es una Teoría general que fácilmente se puede aplicar á todos los casos posibles de velocidades diferentes. Por exemplo si las velocidades de un mismo Móvil en un mismo medio fueran como 1 es á 10, las *Resistencias del fluido* respecto de este móvil serian igualmente como los quadrados de las velocidades, ó como 1 es á 100: porque en el segundo caso el Móvil con una velocidad como 10 echaria de su

lugar en un mifmo tiempo determinado á una columna de fluido diez veces mas grande, é imprimiria á cada molécula de efta columna diez veces mas grande un movimiento diez veces mayor.

Es evidente que un Móvil no puede comunicar un movimiento diez veces mayor á todas las moléculas de una columna diez veces mas grande, sin darla una quantidad de movimiento cien veces mayor. Ademas un Móvil no puede comunicar á un cuerpo un movimiento cien veces mayor sin perder el mismo movimiento que comunica, y no puede perder efte movimiento cien veces mayor sin experimentar una *Resistencia cien veces mas grande*, que le robe efta quantidad de movimiento guardando las leyes de su Comunicacion.

IV.° De todo efto refulta que la Resiftencia de un mismo Medio refpecto de un mismo Móvil que se mueva en él con diferentes velocidades es siempre proporcional al quadrado de la velocidad que lleva el movil. (L. Q. P. D.)

COROLARIOS.

303. COROLARIO I. *La Resistencia respectiva que experimentan dos Globos que se mueven en un mismo Fluido, es el producto de sus superficies por el quadrado de sus velocidades.*

Efte primer Corolario es una confeqüencia evidente de las dos últimas Aserciones que acabamos de demoftrar.

304. COROLARIO II. *La Resistencia respectiva que experimentan dos Globos que se mueven en dos Fluidos de diferente densidad, es respectivamente como el producto de sus superficies por los quadrados de sus velocidades multiplicado por la densidad de los fluidos en los que se mueven los Globos.* Efte fegundo Corolario es tambien una evidente confeqüencia de las tres Aserciones precedentes.

305. COROLARIO III. *Un Cuerpo que se mueve en un mismo Flúido con una velocidad inicial, á quien nada tira á acelerar, experimenta una resistencia que se va disminu-*

yendo como los quadrados de las velocidades que le quedan al fin de cada tiempo dado. Efte Corolario es tambien una confeqüencia de la Asercion tercera, pero le aclararémos un poco mas.

Explicacion. Al fin de cada tiempo determinado la velocidad del Móvil ha sido disminuida por la resiftencia que ha experimentado durante todo efte tiempo, y como la resiftencia es siempre proporcional al quadrado de la velocidad actual, es claro que efta resiftencia es siempre como el quadrado de la velocidad que queda al fin de cada tiempo dado durante el qual se ha difminuido.

La Experiencia y la Teoría nos enfeñan concordemente, que la Resiftencia que opone un Fluido al movimiento de un Cuerpo que le atraviefa con una velocidad siempre defcreciente, es solo la *mitad de la Resistencia* que le hubiera opuefto, si se hubiera movido constantemente con su velocidad inicial. De consiguiente nos enfeñan que efte Móvil folo ha perdido al fin de cada tiempo dado la *mitad del movimiento* que hubiera perdido durante el mismo tiempo, si su velocidad primitiva no hubiera padecido disminucion alguna.

SECCION TERCERA.

LEYES GENERALES DEL MOVIMIENTO.

306. Definicion. Se llaman *Leyes generales del Movimiento* el modo uniforme y conftante con que se produce, conferva ó deftruye el Movimiento en todos los Cuerpos.

El *Autor de estas Leyes* es el Autor mismo de la Naturaleza, cuya eficaz voluntad es la única caufa primitiva y eficiente del movimiento que la regla y anima. (76).

El *conocimiento de estas Leyes* depende mas de la obfervacion que del raciocinio, porque fon obra de un Ser infinitamente poderofo y libre que ha sido dueño abfolu-

luto de dar á la Naturaleza aquellas Leyes que mas le plugo.

LEY PRIMERA.

307. *Un Cuerpo que ha principiado á moverse conserva la misma direccion y velocidad con que empezó, hasta que alguna nueva Causa ocasiona en ellas alguna mudanza.*

DEMOSTRACION I. Los Cuerpos tienen por su naturaleza una *Inercia intrínseca*, una Indiferencia pasiva á la quietud ó al movimiento, á este determinado movimiento ú á otro diferente. (75).

Luego un Cuerpo no puede pasar de un estado á otro por una virtud intrínseca que le sea propia. Luego un Cuerpo no puede pasar de la quietud al movimiento, del movimiento á la quietud, ó de un movimiento determinado á otro movimiento diferente, por otro medio que por el influxo de una *Causa extraña á su naturaleza.*

Luego si un Cuerpo ha empezado á moverse por la influencia de alguna causa sea la que quiera, con determinada *Velocidad y Direccion*, conservará esta misma velocidad y direccion hasta que alguna nueva Causa ó alguna nueva accion de la misma causa ocasione alguna mudanza en su velocidad ó direccion, ó en ambas á un tiempo (L. Q. P. D.)

DEMOSTRACION II. Esta Teoría Metafísica concuerda perfectamente con la experiencia. Porque siempre que vemos, que un Cuerpo en movimiento padece alguna mudanza en su *Velocidad ó Direccion*, descubrimos y vemos tambien que esta mutacion proviene de tal ó tal causa. De donde es natural concluir que este Cuerpo hubiera conservado constantemente su velocidad y direccion primitivas, si ninguna causa nueva hubiera influido en él, si ninguna nueva causa ó ninguna nueva accion de la misma causa hubiera ocasionado mutacion alguna en su movimiento, sea aumentándole, sea disminuyendo, sea inclinándole. (L. Q. P. D.)

LEY SEGUNDA.

308. *Un Cuerpo en movimiento tira naturalmente y quanto está en él á moverse en línea recta.*

Demostracion I. Un Cuerpo no puede moverſe sin paſar del punto que ocupa, al punto que se le sigue inmediatamente; eſtos dos puntos contigüos del Eſpacio forman neceſariamente una línea recta infinitamente pequeña: luego un cuerpo no puede moverſe sin empezarſe á mover por una línea recta infinitamente pequeña. Es asi que ſegun la primera Ley que acabamos de demoſtrar, un Cuerpo no puede recibir mutacion alguna en su movimiento primitivo sin que influya en él alguna Cauſa que produzca eſta mudanza. Luego si no hay cauſa alguna que haga mudar de direccion al Cuerpo en movimiento, debe éſte continuar sin cesar en moverſe en la misma direccion que ha empezado. Segun lo dicho el Cuerpo ha empezado neceſariamente á moverſe en línea recta: Luego debe continuar moviéndoſe en línea recta:

Luego un Cuerpo que ha sido pueſto en movimiento ſacándole de su inercia natural y dándole una Fuerza motriz, tira naturalmente y quanto eſtá en él á moverſe en línea recta. (L. Q. P. D.)

Demostracion II. Tambien en eſta parte concuerda perfectamente la Experiencia con la teoría; porque nunca vemos que un Cuerpo se mueva en línea curva sin que haya una cauſa que incline á cada inſtante la direccion de su movimiento, y sin que el cuerpo á quien se le hace mudar de direccion á cada inſtante luche con exfuerzo contra la cauſa que ocasiona en él eſta mutacion.

Luego la Experiencia nos enſeña tambien que todo Cuerpo en movimiento tira naturalmente y quanto eſta en él á moverſe en línea recta. (L. Q. P. D.)

309. Nota. Se puede iluſtrar algo mas eſta ſegunda Ley del movimiento: Procuraremos aclararla todo lo posible.

1.° Una Piedra que da vueltas en una honda lucha sin ceſar contra el dedo que la retiène, y en el inſtante en

que se fuelta uno de los dos ramales de la honda, la piedra escapa por la tangente del círculo que describia.

Luego efta piedra, lo mismo que otro qualquier cuerpo, tira naturalmente á moverfe en *línea recta*, y resifte quanto puede á la accion que inclina su movimiento.

II.° El movimiento de un Cuerpo en *línea curva* es menos un eftado, que una continua mutacion de eftado: pues femejante cuerpo es forzado á cada inftante á tomar una direccion contraria á su tendencia natural.

III.° Quando una Rueda da rápidamente vueltas fobre su exe, todas fus partes tiran naturalmente á escaparfe del círculo que describen por una infinidad de líneas rectas, y sino fueran detenidas por su adherencia natural, marcharian todas por las tangentes del punto que ocupan, como hacen las gotas de agua que se echan en la rueda.

IV.° Si se ata un Vafo pequeño á una cuerda, y despues de haberle llenado de agua se le da vueltas como á una piedra en una honda, *el agua no se saldrá del vaso* porque todas las gotas de agua arrebatadas por la fuerza centrífuga que las hace circular, tiran á apartarfe del centro de su movimiento y hacen mas fuerza contra el lado y fondo del vafo, que hácia el centro de la tierra.

Si el fondo del vafo eftuviera agujereado, las gotas de agua se escaparian fucesivamente por la tangente del círculo mas ó menos regular que describen, y su movimiento feguiria la direccion de la línea recta tangencial hafta que se la hiciefe mudar la influencia de una causa siempre fubsiftente y activa, qual es su gravedad ó pefantez.

V.° Una *Peonza* da vueltas fobre su exe, porque el cordel en que se la envuelve y con que se la tira, la imprime al extenderfe un movimiento en virtud del qual cada una de fus partes tira á huir por la tangente, y como todas ellas eftan adherentes y en equilibrio al rededor del exe, su movimiento centrífugo ó axífugo detenido por todas partes se convierte en movimiento circular como el de una piedra en una honda.

LEY TERCERA.

310. *El Movimiento se pierde en un Cuerpo, ó por la Comunicacion que le hace pasar á otro, ó por la Resistencia que simplemente le destruye.* (*Fig.* 14 y 12.)

Demostracion I. La Experiencia nos enseña en primer lugar que *el Movimiento se pierde por la comunicacion*; porque como vemos á cada paso, el movimiento se disminuye ó acaba en un cuerpo que se mueve á medida y en la misma proporcion que nace ó se aumenta en otro cuerpo impelido por este. Por exemplo:

I.° Si la bola A apartada de su perpendicular M A cae por un arco de seis grados, sube hasta casi seis grados mas allá de su perpendicular en caso de que no encuentre obstáculo alguno en su carrera.

Pero si encuentra la bola B de igual masa y sin elasticidad, no sube mas que á tres grados mas allá de la perpendicular.

Luego la bola A pierde parte de su movimiento, y pierde precisamente otro tanto como comunica á la bola á quien impele.

II.° Si el Cuerpo A en lugar de ser una bola es un Péndulo colgado de un alambre (251), y que caiga hácia su perpendicular por un arco de cinco ó seis grados, se observará que este Péndulo si se le pone en movimiento hace mas vibraciones antes de pararse, en el vacío que á aire libre, lo qual proviene de que el aire que él mueve le quita parte de su movimiento.

III.° Si la parte inferior del alambre que atraviesa el Péndulo P se la mete alternativamente mientras que hace sus oscilaciones á una profundidad pequeña é igual en mercurio y en agua, se observará que tres oscilaciones en el mercurio le hacen perder otro tanto movimiento como quarenta y dos en el agua. (*Fig.* 12) Sobre lo qual raciocino asi:

Siendo el mercurio como catorce veces mas denso que el agua, un Péndulo P movido en el mercurio echa de

su lugar durante una oscilacion, catorce veces mas materia que quando se mueve en el agua ; echando de su lugar catorce veces mas materia á quien imprime una misma velocidad, á ſaber la velocidad con que él se mueve comunica catorce veces mas movimiento al mercurio que al agua ; porque siendo las velocidades iguales , las cantidades de movimiento ſon como las maſas ; comunicando catorce veces mas movimiento al mercurio que al agua, si el movimiento se pierde en la misma proporcion que se comunica , el Péndulo debe perder durante una oscilacion en el mercurio otro tanto movimiento como durante catorce oscilaciones en el agua , que es preciſamente lo que nos mueſtra eſta última experiencia.

Luego la Experiencia nos enſeña no ſolamente que el Movimiento se pierde por la comunicacion , sino tambien que el movimiento se pierde ó acaba en un cuerpo en la *misma proporcion* que se comunica á otro. (L. Q. P. D.)

Demostracion II. La Experiencia nos enſeña tambien que *el Movimiento se pierde ó acaba por la resistencia.* Porque ſean dos cuerpos blandos , por exemplo dos globos de barro húmedo , iguales en maſa y velocidad, que colgados cada uno de un hilo y apartados igualmente de su perpendicular se vienen á encontrar con direcciones opuestas en A B. (*Fig.* 14.)

Despues del choque ambos globos quedan parados, porque cada uno de ellos se opone y reſiſte igualmente al otro : luego el movimiento se pierde y acaba simplemente por la reſiſtencia.

La misma experiencia y raciocinio se podrian hacer, si el choque de que acabamos de hablar fueſe entre *dos Cuerpos perfectamente duros* y nada elásticos. (L. Q. P. D.)

LEY QUARTA.

311. *Si un Cuerpo en movimiento padece alguna mutacion en su Velocidad ó Direccion , la mutacion será proporcional á la accion de la Causa física que la ocasiona.*

DEMOSTRACION. I.° Es evidente en primer lugar que una Causa física no puede producir un efecto que exceda á su actividad. Luego la mutacion producida en un cuerpo en movimiento no puede exceder la actividad de la causa física que la ocasiona. (*Met.* 179 y 181.)

II.° Sabemos ademas que las Causas motrices son causas necesarias que obran siempre con toda su actividad. Luego la actividad de la causa es siempre proporcional á la quantidad del efecto. Luego un efecto doble ó triple denota una actividad doble ó triple en la causa. Luego una actividad doble ó triple en la causa está siempre conexâ con una quantidad doble ó triple en efecto.

Luego la grandeza del efecto hace conocer la actividad de la causa que le produce, y al contrario la actividad de la causa hace conocer la quantidad del efecto que debe ser producido. (L. Q. P. D.)

312. NOTA. El Alma humana ó ya se la tenga por causa eficiente, ó ya por causa ocasional del movimiento no es una causa motriz propiamente tal; porque las *Causas motrices* de que se trata en la Física son siempre una accion que resulta de una masa multiplicada por una velocidad.

El Alma humana mediante un acto de su voluntad produce ú ocasiona libremente en los espíritus animales, ó en las fibras y músculos de su cuerpo una suma mayor ó menor de movimiento. Este movimiento de los espíritus animales, fibras y músculos es en el hombre la Causa ó Fuerza motriz propiamente tal, tan necesaria en sí misma y tan inevitablemente conexâ con su efecto quando exîste, como la fuerza motriz de una máquina de palancas y poleas; con sola esta diferencia que la Fuerza motriz en una máquina es necesaria en su exîstencia y en su influencia, pero la fuerza motriz del hombre aunque es necesaria en quanto á su influencia, no lo es en quanto á su exîstencia. Porque el Alma que pone libremente en accion sus *Fuerzas motrices* puede impedir, modificar y suspender su accion segun la agrade, en lo que toca á los Movimientos libres del Cuerpo. (*Met.* 175 y 744.)

OBJECCIONES Y RESPUESTAS.

313. Objeccion I. Si la *primera Ley del Movimiento* es verdadera y real; si todos los Cuerpos tiran naturalmente á conservar el mismo movimiento que una vez se les ha impreso, se sigue

I.° Que la Naturaleza se ha impuesto absurdamente una Ley que nunca guarda, pues todos los cuerpos que podemos observar experimentan continuas mutaciones en su direccion y velocidad.

II.° Que todo Movimiento una vez exîstente deberia ser naturalmente un *Movimiento perpetuo*, aunque conste que todos los cuerpos tiran naturalmente á la quietud, y que el Movimiento perpetuo repugna al Orden Físico.

III.° Que Dios único Autor de todo Movimiento despues de haber empezado á mover un cuerpo, estaria obligado á moverle siempre de un mismo modo, lo que carece de todo fundamento.

Respuesta. I.° La Naturaleza no se ha impuesto una Ley chîmérica imponiéndose la Ley que se quiere impugnar. En virtud de esta *primera Ley* todo movimiento debe perseverar tal como ha empezado, á no ser que alguna causa ocasione en él alguna mutacion. Ahora pues, siempre que se verifica alguna mutacion en el movimiento, exîste alguna causa que la ocasione. Luego la Naturaleza guarda constantemente la Ley que se ha impuesto, ó que por mejor decir la ha impuesto su Autor.

Un Cuerpo que se mueve en qualquiera direccion cerca de la tierra, experimenta siempre alguna resistencia de parte de los fluidos que necesariamente echa de su lugar. El que se mueve de abaxo arriba experimenta resistencia de parte de su gravedad que disminuye continuamente su movimiento; el que se mueve de arriba abaxo recibe continuamente de su gravedad nuevos impulsos que aumentan y aceleran su movimiento: El que se mueve horizontalmente en la region del aire es solicitado continuamente por su gravedad á acercarse al centro de la

tierra, y si se mueve horizontalmente ſobre un plano por liso que sea, halla resiſtencia en su gravedad que comprimiéndole continuamente contra el plano opone sin ceſar á su movimiento horizontal un obſtáculo capaz de destruirle al fin completamente.

Se ve pues claramente que si los Cuerpos aparentan tirar naturalmente á la quietud ó mutacion de movimiento, el motivo de eſta tendencia no es su naturaleza misma sino la resiſtencia ó accion de una multitud de cauſas, que ſon extrañas tanto á su naturaleza como á su movimiento actual.

II.° Es cierto que en virtud de eſta primera Ley todo movimiento deberia ser invariable y siempre permanente, si ninguna cauſa se opusieſe á su permanencia invariable. Pero como no conocemos eſpecie alguna de movimiento que no encuentre en la Naturaleza cauſas capaces de mudar continuamente su direccion ó velocidad, se sigue que en virtud de eſta primera Ley lexos de que todo movimiento ſea conſtantemente el mismo ſegun su exîgencia natural é intrínſeca, debe padecer continuas mudanzas ſegun la ocurrencia y exîgencia de las cauſas capaces de producir las que obran en él.

El *Movimiento perpetuo* repugna naturalmente; porque para que se verificaſe ſeria neceſario, ó que un cuerpo pudieſe continuar su movimiento sin encontrar obstáculo alguno, ó que pudiese producir en un reſorte ó máquina á quien dieſe accion un movimiento mayor que el ſuyo propio, un movimiento que volviendo todo entero á su cauſa pudieſe reparar las continuas pérdidas que le ocasionan los obſtáculos que se oponen á su movimiento primitivo. Una y otra hipótesis parece imposible en el eſtado natural de las coſas. Y asi en eſte eſtado el Movimiento perpetuo es chîmérico.

III.° El Autor de la Naturaleza y del Movimiento es un Ser eſencialmente sabio, consiguiente, inmudable, incapaz de obrar por capricho y sin razon; lo que ha eſtablecido y decretado una vez, eſtá decretado y eſtablecido para siempre. (*Met.* 654. y 656.

Y

Y asi afirmar que el Movimiento dado á un Cuerpo por el Autor de la Naturaleza no se mudará sino hay causa que ocasione en él alguna mudanza, es afirmar únicamente que el Autor de la Naturaleza es un Ser invariable en sus voluntades y accion; un Ser siempre consiguiente á sí mismo, é incapaz de obrar tontamente y sin razon. Lo que lexos de ser un absurdo es un principio mui cierto y mui filosófico.

La causa ó razon de la mutacion de movimiento en un Cuerpo es, ó la accion de su gravedad ó la resistencia de los fluidos, ó el choque con otros cuerpos; causas todas cuya influencia separada ó junta se percibe claramente siempre que se ve alguna mutacion en el movimiento de un cuerpo.

314. OBJECCION II. Si la *segunda Ley del Movimiento* fuese verdadera y real, si todo Cuerpo puesto en movimiento tirase naturalmente á moverse en línea recta:

I.° Se seguiria en primer lugar que el *Movimiento en línea curva* sea elíptica, sea circular es un movimiento contra la naturaleza, ó contrario á la exîgencia natural de todos los cuerpos puestos en movimiento. Quando es patente que los cuerpos mas notables del Universo tienen esta especie de movimiento. La Tierra, los Planetas y los Cometas se mueven en línea curva al rededor del Sol. El Sol mismo en el centro del Mundo planetario se mueve en línea curva al rededor de su centro ó exe. Es bastante probable, que las Estrellas tienen un movimiento semejante al del Sol, esto es un movimiento de rotacion al rededor de su exe inmóvil. Y asi los Cuerpos mas notables del Universo tendrian un movimiento contrario á la naturaleza. (*Fig.* 124. *y* 125.)

II.° Se seguiria en segundo lugar que un Cuerpo movido en línea curva, ó fuese elíptica ó fuese circular tiraria á moverse por la Tangente; lo que no puede ser asi.

Porque no puede un Cuerpo movido en linea circular ó elíptica, por exemplo la Tierra movida al rededor del Sol tirar á moverse por la tangente de su curva, sin tirar á apartarse del centro de su movimiento; y la Tier-

ra no puede naturalmente tirar á apartarse del centro de su movimiento que es el centro del Sol, sin tirar naturalmente á apartarse y á acercarse á un mismo tiempo al centro del Sol, lo que es contradictorio.

III.° Se seguiria en fin que la Vegetacion de las plantas, y la circulacion de la sangre de los animales se harian mediante movimientos totalmente contrarios á la exîgencia de una Ley primitiva del movimiento; pues es evidente que estos movimientos no se executan por la mayor parte en línea recta:

Respuesta. I.° Como en toda Curva, por exemplo en un círculo, dos puntos inmediatamente contigüos hacen necesariamente una línea recta, es evidente que un círculo es un polígono de infinitos lados, que son otras tantas pequeñas líneas rectas. Luego un cuerpo movido en línea circular se mueve necesariamente por una infinidad de líneas rectas, cuya direccion se muda continuamente por la influencia de alguna causa extraña á su naturaleza. Luego moviéndose el cuerpo en línea circular sigue quanto está de su parte la Ley general que se impugna. (*Mat.* 467.)

Esta constante inflexîon ó interrupcion de movimiento recto en un Cuerpo que se mueve en línea curva, es ciertamente contra la exîgencia natural del movimiento inicial, con que á cada instante empieza á moverse; ¿ pero se sigue de aqui que la interrupcion ó inflexîon de este movimiento sea contra la Naturaleza? No por cierto. Porque la naturaleza del movimiento empezado no exîge que de ningun modo sea interrumpido; sino únicamente que no sea interrumpido sin que influya en él alguna causa que exîja su interrupcion.

II.° Un Cuerpo movido con un movimiento elíptico ó circular, por exemplo la Tierra movida al rededor del Sol tira á cada instante en virtud del movimiento simple proyectil que la anima á escapar por la tangente, y de consiguiente á apartarse del centro del Sol. Pero en virtud de otra causa, á saber en virtud de su gravitacion la tierra tira tambien á cada instante á acercarse al centro del Sol. (771.)

De la reunion de estas dos causas nace la continua inflexîon del movimiento de la Tierra al rededor del Sol, como lo explicarémos mas amplamente en otra parte. Es pues falso que en virtud de una misma causa tire un cuerpo contradictoriamente á acercarse y á apartarse á un mismo tiempo del centro de su movimiento.

III.° En la Vegetacion de las plantas, y en la Circulacion de la sangre y humores destinadas á su conservacion y acrecentamiento en los animales, todos los movimientos tiran á efectuarse en línea recta, y no obstante casi todos se efectuan en líneas curvas ó angulosas, porque en los animales y vegetales la sangre y los humores se mueven por infinitos canales que les hacen mudar de direccion á cada paso.

Los movimientos sin cesar inclinados de estos fluidos no son de modo alguno contra la Naturaleza; porque como acabamos de observar la Naturaleza del movimiento exîge únicamente que no mude de direccion sin que influya en él alguna causa, y las sinuosidades de los canales por donde pasan los fluidos en los animales y vegetales exîgen á causa de su resistencia, que los fluidos tomen en su movimiento la direccion que ellas siguen.

315. Objeccion III. Si exîstiese la *tercera Ley del movimiento*, si el movimiento pereciese simplemente por la Resistencia, deberia el Universo estar privado hace ya mucho tiempo de todo movimiento; la Naturaleza entera deberia estar sumida en una inaccion total y general; pues no hay Cuerpo alguno en toda ella que no experimente continuamente y por todas partes alguna resistencia, de donde resultaria la destruccion de su movimiento.

¿ Por otra parte la prueba de experiencia en que se quiere fundar esta Ley tercera, es bastante concluyente y demostrativa ? ¿ No se podria decir con Descartes que el movimiento de dos cuerpos duros ó blandos que chocan entre sí con direccion opuesta se comunica al aire y á los demas fluidos que les rodean mediante el temblor interno de sus partes, en vez de decir con Newton que

este movimiento es pura y simplemente destruido y aniquilado ?

RESPUESTA. La accion de la Naturaleza nada tiene que temer de la Ley que aqui se impugna, y la experiencia en que la hemos fundado es mui concluyente y decisiva.

I.° Los *Movimientos generales* de la Naturaleza : los que se pueden mirar como *esenciales á su constitucion* no experimentan resistencia alguna conocida en la hipótesis demostrada de los Vacíos inmensos de Newton. Luego estos movimientos generales, estos movimientos esenciales de la Naturaleza no pueden ser destruidos mediante la resistencia.

La Tierra, los Planetas y los Cometas en virtud de un movimiento proyectil que tira á efectuarse por la tangente, y de un movimiento central que tira á efectuarse por el radio de su curva hacen sus revoluciones periódicas al rededor del Sol, sin experimentar otra resistencia que la infinitamente pequeña percusion de la luz, que despedida continuamente contra su superficie tira necesariamente á aumentar su movimiento de una parte, otro tanto como á disminuirle de otra.

La resistencia que la fuerza proyectil opone á la central, y ésta á la proyectil no produce otro efecto que el de conservar y reproducir el equilibrio entre ellas, impidiendo que ninguna de las dos se haga constantemente predominante.

II.° Los *Movimientos particulares de la Naturaleza*, los que se pueden mirar como *accidentales á la constitucion del Universo* se pueden reparar de infinitos modos á medida que perecen mediante la resistencia.

Por exemplo los movimientos de las plantas y animales que se acaban quando sus individuos perecen, se reparan por la formacion de nuevos individuos semejantes. El movimiento que se disminuye por el frio durante el Invierno, se repara con el calor por la Primavera y Estio. El movimiento que puede hacer perecer la resistencia en los reynos animal, vegetal y mineral, se repara por la accion de la Luz y del Fuego que el Sol des

pide continuamente sobre la Tierra. El movimiento que podria perder la masa del aire en virtud de la resistencia que le oponen tan continuamente las arboledas y los montes, es reparado sin cesar por su elasticidad que le da en direccion opuesta otro tanto movimiento como la resistencia le quita.

III.° Decir que el Movimiento que segun la apariencia perece en el choque opuesto de dos cuerpos duros ó blandos se puede comunicar á los fluidos circundantes es recurrir á una mala razon para sostener una mala causa.

Porque consta por experiencias ciertas y no contradichas, que si dos *Cuerpos blandos* se mueven en la misma direccion, de suerte que el que precede vaya con dos ó quatro veces mas lentitud que el que sigue, estos dos cuerpos despues del choque se mueven en la misma direccion con la suma entera de su movimiento primitivo. Luego su movimiento primitivo que conservan todo entero despues del choque y la compresion no se ha comunicado al aire y fluidos circundantes mediante el temblor interno de sus partes. ¿Con que fundamento pues si el movimiento no se comunica al aire y fluidos circundantes mediante el temblor interno de las partes quando dos cuerpos se chocan moviéndose en la misma direccion, se podrá afirmar que se comunica quando se chocan moviéndose en direcciones opuestas?

Si hay en efecto en el choque de los Cuerpos blandos ó duros y no elásticos un *temblor interno de partes*, capaz de transmitir el movimiento á los fluidos circundantes, es claro que este mismo temblor deberia comunicar el movimiento á los fluidos circundantes igualmente en el caso de que el choque se hiciese entre dos cuerpos movidos en una misma direccion, que en el de que se haga entre dos cuerpos movidos en direcciones opuestas.

Y si no hay semejante temblor: ¿Como puede comunicar y transmitir el movimiento primitivo á los fluidos circundantes?

Luego la razon que se alega para eludir la prue-

ba experimental de la tercera Ley del movimiento es una razon fútil y de ningun momento. Luego queda demostrado que el Movimiento perece efectivamente por la resistencia.

316. Objeccion IV. La *quarta Ley del Movimiento* confunde las Fuerzas motrices *libres* con las *necesarias* que son entre sí muy distintas; pues aunque la cantidad de una fuerza motriz necesaria se puede determinar por su efecto, no sucede lo mismo con una fuerza motriz libre, pues ésta obra mas ó menos sobre su efecto; á veces con toda, á veces solo con parte de su actividad.

Respuesta. La quarta Ley del movimiento no confunde nada que se deba distinguir. Hablando con propiedad no hay ninguna Fuerza motriz libre como ya lo hemos observado y explicado (312), porque una Fuerza motriz es única y necesariamente una masa multiplicada por una velocidad; y la Libertad que solo pertenece á una substancia inteligente, no puede pertenecer á una materia ni á una velocidad.

SECCION QUARTA.

COMUNICACION DEL MOVIMIENTO.

317. Observacion I. Consta por millares de experiencias conocidas de todo el mundo, que en el choque de los Cuerpos el Movimiento se comunica y transmite de uno á otro. Se trata en esta quarta Seccion de observar segun qué proporcion y qué leyes se hace esta Comunicacion, y de fixar bien la idea que se debe formar de ella.

I.° Quando decimos que *el Movimiento se comunica de un Cuerpo á otro*, no queremos decir que la modificacion de movimiento que está en un cuerpo A pasa á otro cuerpo B y se hace una modificacion de este cuerpo B. Es tan imposible que la modificacion del movimiento que está

en el cuerpo A pase al cuerpo B y se haga una modificacion suya, como el que el cuerpo A se haga el cuerpo B. Porque las modificaciones no pueden exîstir en otro que en el sugeto á quien modifican, y es tal su naturaleza, que exîgen esencialmente para exîstir, ser modificaciones de tal individuo, de tal sugeto, sin poder jamas pasar á ser modificaciones de otro sugeto, de otro individuo. (*Met.* 114. y 783.)

¿Que entendemos pues y que se debe entender por *Comunicacion de Movimiento*? No entendemos, ni podemos entender otra cosa que el que el Autor del Movimiento con ocasion del choque de dos Cuerpos disminuye ó destruye el movimiento en el cuerpo chocante, y le produce ó aumenta segun ciertas reglas fixas y constantes en el cuerpo chocado.

El movimiento que nace en el cuerpo impelido no es idénticamente el mismo que estaba y ha dexado de estar en el cuerpo impelente. Es solo un movimiento semejante, que empieza á exîstir en el cuerpo impelido á proporcion de que se disminuye ó perece el movimiento en el cuerpo impelente.

II.° Aunque se conciba que el Movimiento se comunica de un cuerpo á otro mediante el choque, del modo que acabamos de explicar, es necesario suponer siempre que *la Comunicacion del movimiento es sucesiva y no instantanea*: es decir que el movimiento impreso y comunicado á una parte de un cuerpo necesita de algun tiempo para comunicarse sucesivamente á las demas partes del mismo cuerpo distantes del punto en que se hace la percusion. Una experiencia conocida de todo el mundo demuestra esta verdad física. (*Fig.* 16.)

Sean dos Vasos A y B sobre los quales se ponga horizontalmente un palito bastante largo de madera bien seca y frágil. Péguese con otro palo fuerte con fuerza, prontitud y perpendicularmente al palito horizontal en C, el palito A B se quebrará y caerá sin trastornar los dos Vasos llenos de agua, porque este palito dividido súbitamente en C dexa de apoyarse sobre los dos vasos antes

de que el movimiento impreso en C haya tenido tiempo de pasar á A y á B.

Si el palito A B no se quiebra súbitamente, los vasos se trastornarán y quebrarán, porque el movimiento impreso al palito en C tiene tiempo bastante para llegar y obrar en A y B.

Por la misma razon una puerta abierta y suspendida por sus goznes cede fácilmente á un impulso ligero de mi mano, porque el movimiento que mi mano imprime á una parte de la puerta tiene tiempo de comunicarse sucesivamente á todas las demas partes; pero la misma puerta apenas se mueve al impulso de una bala que da en ella perpendicularmente y la atraviesa de parte á parte, porque el movimiento de la bala ha arrancado la parte que la resiste abriéndose un agujero antes que este movimiento tenga tiempo de comunicarse al resto de la puerta y conmover la parte que descansa inmediatamente sobre los goznes.

Un Autor moderno ha inferido de aqui haciendo un paralogismo que no se debia esperar en nuestro Siglo que una Fuerza pequeña pueda producir un efecto mayor que otra inmensamente mas grande.

318. Observacion II. Los varios Cuerpos entre quienes se comunica el movimiento son ó blandos, ó duros, ó elásticos.

I.° Llámanse *Cuerpos blandos* aquellos que se comprimen con facilidad, y que comprimidos no tiran por su naturaleza á recobrar la figura que han perdido por la compresion. Tal es la cera-vírgen, el barro húmedo, la leche crema, ó una bola de nieve.

II.° Llámanse *Cuerpo duros* los que no pueden comprimirse de modo alguno. Tales son los elementos primitivos de la materia, cuyas figuras son inalterables é indestructibles. (145.)

Entre los cuerpos sólidos que estan sujetos á nuestras experiencias y observaciones, no conocemos ninguno que sea perfectamente duro é incompresible. (205.)

III.° Se llaman *Cuerpos elásticos*, aquellos que se compri-

primen, y despues de haber sido comprimidos recobran ó tiran á recobrar su primer eſtado, su figura primitiva y natural. Tal es el mármol, el márfil, el acero templado, una vara de mimbre &c. (226, 229, y 232.)

319. Nota I. Como la Comunicacion del Movimiento se hace del mismo modo y ſegun las mismas Leyes en los Cuerpos blandos que en los duros que no ſon elásticos, dividirémos eſte artículo únicamente en dos párrafos que tendrán por objeto la Comunicacion de movimiento en los *Cuerpos sin resorte* y en los *Cuerpos de resorte.*

I.° Aunque no conozcamos en la Naturaleza *Especie alguna de cuerpos sólidos*, que ſea perfectamente blanda, perfectamente dura, ó perfectamente eláſtica; con todo, en la exposicion que vamos á hacer de las Leyes de la comunicacion del movimiento, considerarémos los Cuerpos sin reſorte, como si abſolutamente no tuvieran elasticidad alguna, y los Cuerpos de reſorte como si su elasticidad fuera perfecta.

Prescindirémos pues de la poquísima elaſticidad que pueden tener los Cuerpos blandos ó duros, y de la falta de elaſticidad perfecta que puede haber en los Cuerpos eláſticos.

II.° Prescindirémos tambien de la gravedad de los Cuerpos, de la resiſtencia de los medios en que se mueven, y de la obliquidad de ſus colisiones.

Y asi les considerarémos como si carecieran de gravedad, se movieran siempre en un vacío perfecto, y chocáran siempre entre sí directamente por la línea recta que toca á ſus centros.

Todas eſtas ſuposiciones ſon abſolutamente neceſarias para simplificar eſta teoria que es baſtante complicada por sí misma.

320. Nota II. La *Velocidad de los Cuerpos* se divide en la teoria del choque, en velocidad abſoluta, y en velocidad respectiva.

I.° La *Velocidad absoluta* de un cuerpo es el espacio que corre dividido por el tiempo que tarda en cor-

rerle : es el qüociente del espacio dividido por el tiempo. (262.)

II.° La *Velocidad respectiva* de dos Cuerpos que se mueven uno contra otro, es el espacio que ambos han corrido dividido por el tiempo que tardaron en andar este mismo espacio : ó ya estos dos Cuerpos anden espacios iguales, ó ya anden espacios desiguales. Por exemplo (*Fig.* 17.)

Un cuerpo A dista de un Cuerpo B seis toesas : Estos dos cuerpos se mueven uno contra otro en un segundo, de manera que el cuerpo A corre quatro toesas, y el cuerpo B anda dos : su velocidad respectiva es = 6 toesas.

Despues del choque estos dos cuerpos se vuelven ambos hacia atras : sea la que quiera la causa de este movimiento retrogado. El cuerpo A corre dos toesas, y el cuerpo B corre quatro en un segundo. La Velocidad absoluta se ha mudado, pero su Velocidad respectiva queda la misma : Son siempre seis toesas las que han andado los dos cuerpos en un segundo.

PARRAFO PRIMERO.

COMUNICACION DEL MOVIMIENTO EN LOS CUERPOS SIN RESORTE, Ó QUE CARECEN DE ELASTICIDAD.

Cuerpos sin resorte como acabamos de explicar, son aquellos que se consideran como perfectamente blandos ó como perfectamente duros. (319.)

THEOREMA I.

321. *En el choque de los cuerpos en general la quantidad de movimiento que pierde el Cuerpo chocante es otro tanto menor quanto mayor es su masa, y otro tanto mayor quanto su masa es menor relativamente á la masa del Cuerpo con que encuentra.*

Demostracion. La Expeculacion y la Experiencia se reunen á probar y hacer ſentir la *Verdad de este teorema fundamental* que ſolo aplicarémos aqui á los cuerpos sin reſorte, y que es muy fácil adoptar al choque de los cuerpos de reſorte.

I.° La Expeculacion prueba la verdad de eſte teorema, porque quanto *mayor* es la maſa del Cuerpo impelente relativamente á la del cuerpo impelido, menos divide su movimiento el cuerpo impelente, partiéndole con el cuerpo impelido. Quanto menos se divide eſte movimiento, es mayor cada una de ſus divisiones; luego la cantidad de movimiento que pierde el cuerpo impelente partiéndole con el impelido es otro tanto menor quanto mayor es su maſa.

Por el contrario quanto *menor* es la maſa del cuerpo impelente relativamente á la del impelido, mas divide su movimiento el cuerpo impelente partiéndole con el impelido. Quanto mas se divide eſte movimiento, menor es cada una de ſus divisiones ó de ſus porciones; luego la cantidad de movimiento que pierde el cuerpo impelente comunicándole al impelido es otro tanto mayor quanto menor es su maſa.

II.° La Experiencia hace ſentir todavia mejor la verdad del mismo teorema. Porque

Si un *Cuerpo de diez libras* impele con una velocidad ſea la que quiera á otro de una libra en repoſo y móvil, el cuerpo de diez libras ſolo pierde la úndecima parte de su movimiento, porque su movimiento que antes del choque eſtaba dividido entre diez libras y aplicado á transportar una maſa de diez libras, queda despues del choque dividido entre once libras y aplicado á transportar una maſa de once libras.

Si por el contrario un *Cuerpo de una libra* con qualquiera velocidad da en otro de diez libras en repoſo y móvil, pierde diez Onzavos de su movimiento, porque el mismo movimiento que antes del choque eſtaba aplicado todo entero á transportar una libra se divide despues del choque en once partes para transportar once libras. (L. Q. P. D.)

TEOREMA II.

322. *Quando un Cuerpo sin resorte da en otro tambien sin resorte:*

I.° *Si el choque se hace contra un Cuerpo en reposo ó movido en la misma direccion que el Cuerpo chocante, el Movimiento se divide sin destruirse.*

II.° *Si el choque se hace entre dos cuerpos movidos en direcciones opuestas*, el Movimiento perece en todo ó en parte.*

Si los dos Movimientos opuestos son iguales en quantidad sean ó no los Cuerpos iguales en masa, los dos cuerpos quedan en reposo despues del choque.

Si los dos Movimientos opuestos son desiguales en quantidad, los dos Cuerpos se mueven despues del choque en la direccion del que lleva mayor movimiento, con un movimiento comun que es el exceso del mayor movimiento sobre el menor. (Fig. 14.)

DEMOSTRACION. La Experiencia comprueba y hace ſentir completamente la Verdad de todas las partes de eſte ſegundo teorema.

EXPERIENCIA I. Sean dos globos A y B colgados perpendicularmente en el aire el uno al lado del otro cerca de un plano perpendicular y perfectamente liſo.

I.° El globo A de quatro onzas por exemplo, apartado á diſtancia de ſeis grados de su perpendicular, y abandonado á su gravedad ſeria llevado por su movimiento haſta ſeis grados mas allá de su perpendicular M A, sino encontraſe obſtáculo alguno, y la ſuma de su movimiento ſeria 4 de maſa por 6 de velocidad. $4 \times 6 = 24$.

Pero si eſte globo A encuentra al globo B de dos onzas *en reposo y móvil*, le lleva consigo con un movimiento comun; y uno y otro llegan haſta quatro grados mas allá de la perpendicular; y asi el *Movimiento comun* despues del choque es $4 + 2$ de maſa por 4 de velocidad: $4 + 2 \times 4 = 24$.

Luego en el choque de un cuerpo en movimiento contra un cuerpo en repoſo el movimiento se divide sin deſtruirſe.

II.° Si el globo B de dos onzas apartado á nueve grados de su perpendicular viene á dar en el globo A de quatro onzas *en reposo y móvil*, se mueven despues del choque los dos globos con *un movimiento comun* hasta tres grados mas allá de su perpendicular.

Antes del choque la quantidad del movimiento era $2 \times 9 = 18$. Despues del choque es $2 + 4 \times 3 = 18$. Luego igualmente el Movimiento se divide sin destruirse en el choque de dos cuerpos, de los quales el uno está en reposo.

Experiencia II. Si el Cuerpo A de quatro onzas con una velocidad como seis encuentra con el Cuerpo B de dos onzas, que se mueve delante de él en la *misma direccion* con una velocidad como tres, los dos Cuerpos se mueven despues del choque con un *movimiento comun* en la direccion del cuerpo chocante hasta cinco grados mas allá de sus perpendiculares.

Antes del choque las dos sumas de movimiento eran $24 + 6 = 30$. Despues del choque el movimiento comun es $4 + 2 \times 5 = 30$.

Luego el Movimiento se divide tambien sin destruirse en el choque que se hace entre dos cuerpos movidos en la misma direccion.

Los mismos resultados saldrán aunque se varíe esta experiencia quanto se quiera, dando ya mas, ya menos velocidad ó masa á los cuerpos que se chocan en la misma direccion.

Experiencia III. Si el Cuerpo A de quatro onzas con una velocidad 3, y el Cuerpo B de dos onzas con una velocidad 6 chocan uno con otro en *direcciones opuestas*, despues del choque quedan los dos Cuerpos en reposo y privados de todo movimiento.

Antes del choque la cantidad de sus movimientos opuestos 4×3 y 2×6 era igual: luego en el choque los movimientos iguales y opuestos se destruyen.

Lo mismo sucederá sean las que quieran las masas y velocidades de los Cuerpos que se chocan; con tal de que carezcan de resorte, y sus quantidades de movimiento sean iguales.

Experiencia IV. Si el cuerpo A de quatro onzas con una velocidad 2, y el cuerpo B de dos onzas con una velocidad 7 chocan *en direcciones opuestas*, despues del choque ambos Cuerpos se mueven en la direccion del cuerpo B con una velocidad como = 1.

Antes del choque los movimientos opueftos eran 8 y 14; despues del choque no quedan mas que feis grados de movimiento comun á ambos Cuerpos, que fon precifamente el excefo que lleva el movimiento mayor al menor.

Luego en el choque de los Cuerpos movidos en direcciones opueftas, el menor movimiento es deftruido por el mayor, y el menor por su parte deftruye en el mayor una quantidad de movimiento igual á la fuya, de fuerte que á los dos Cuerpos sin reforte no les queda por *Movimiento comun* mas que el excefo del movimiento mayor fobre el menor. (L. Q. P. D.)

323. Nota. Quando dos Cuerpos chocan, uno de los dos puede eftar en repofo, ó uno y otro pueden moverse en la misma direccion, ó pueden ambos moverfe en direcciones diametralmente opueftas.

I.° Quando uno de los dos eftá en *reposo y es inmóvil*, la percusion es proporcional á toda la fuma de movimiento que lleva el Cuerpo chocante, porque entonces el cuerpo chocado no se fubftrae á parte alguna del movimiento que le impele.

Pero si el Cuerpo chocado eftá *en reposo* y es *móvil*, la percusion no es proporcional á todo el movimiento del cuerpo chocante, sino folamente á la porcion que éfte pierde y comunica á aquel; porque entonces el cuerpo impelido, echando á andar delante del impelente se fubstrae á la porcion de movimiento que le queda á éfte.

II.° Quando los dos Cuerpos que chocan se mueven en *la misma direccion*, la percusion se hace fegun la diferiencia de velocidades multiplicada por la mafa impelente. Y en efte cafo la percusion es proporcional á la quantidad de movimiento que pierde el cuerpo impelente, porque entonces el impelido se fubftrae al impelente asi antes como despues del choque fegun toda su velocidad propia.

III.ª Quando dos Cuerpos que chocan se mueven en *direcciones diametralmente opuestas*, la percusion se hace por las dos ſumas opueſtas de movimiento, y es proporcional á la quantidad de movimiento que pierde uno y otro cuerpo; porque entonces cada uno de ellos da y resiſte con todo el movimiento que pierde, ſea en reſiſtir al cuerpo opueſto, ſea en partir con él el reſto de su movimiento.

La experiencia y la razon comprueban de concierto eſta teoría de la comunicacion del movimiento.

IV.ª Como en el choque de los Cuerpos puede suceder en primer lugar que el choque se haga, ó contra un cuerpo en repoſo ó contra un cuerpo movido en la misma direccion del cuerpo impelente, ó entre dos cuerpos que siguen direcciones diametralmente opueſtas: en ſegundo lugar que el cuerpo impelente ſea igual, ó mayor ó menor que el cuerpo impelido, dan algunos Autores para eſtos diferentes caſos varias reglas, cuya multitud siempre nos ha deſagradado infinito.

Y asi como ſomos tan amantes de la ſencillez hemos intentado reducir todas eſtas varias reglas con que otros fatigan la atencion inútilmente, á una *Regla única*, y lo hemos conſeguido por un medio bien ſencillo, que consiſte en considerar siempre uno de los dos cuerpos que chocan, como si eſtuviera en repoſo, y en dividir por la ſuma de las dos maſas la velocidad comun que deben tener los dos cuerpos despues del choque.

La Regla única que vamos á dar de la comunicacion del movimiento en los cuerpos sin reſorte, se puede fácilmente aplicar á la comunicacion del movimiento en los cuerpos de reſorte, como lo explicarémos en el párrafo siguiente:

REGLA GENERAL.

324. *Si un Cuerpo sin resorte impele directamente á otro cuerpo tambien sin resorte, en reposo y móvil; despues del choque se mueven los dos Cuerpos en una misma direccion*

con una velocidad comun, que es á la velocidad primitiva del cuerpo impelente, como la masa de este cuerpo á la suma de las dos masas. (*Fig.* 14. y 17.)

Explicacion. Esta Regla general no es mas que un simple Corolario de los dos Teoremas precedentes, por los quales consta que en el choque de un cuerpo en movimiento contra un cuerpo en reposo la velocidad del cuerpo impelente se divide entre las dos masas, y descrece en el cuerpo impelente á proporcion de que se comunica al cuerpo impelido.

Es fácil reducir á la práctica esta regla general, sometiéndola al mas sencillo cálculo: por exemplo: Sea la masa impelente 6, la velocidad 12, y la masa impelida 3. ¿Qual será despues del choque la velocidad comun é incógnita x?

Para hallar esta *Velocidad comun* que deben tener las dos masas despues del choque, hágase esta proporcion: la velocidad incógnita es á la velocidad primitiva, como la masa impelente es á la suma de las dos masas: es decir $x.\ 12 :: 6.\ 9.$

Asi en este caso la velocidad comun despues del choque será 8: Por que $8.\ 12. :: 6.\ 9.$ (*Mat.* 171.)

PROBLEMA GENERAL.

325. *Reducir los otros dos casos de Colision á la misma Regla general.*

Solucion I. Si el choque se hace entre dos *Cuerpos movidos en direcciones opuestas*, la suma mas pequeña de movimiento es destruida y destruye en la mayor una quantidad de movimiento igual á la suya. (322.)

Luego despues del choque no queda del movimiento mas que el exceso de un movimiento sobre otro. Luego se puede considerar al cuerpo que tiene menos movimiento como que está en reposo, y al que tiene mas como que solo impele al otro con el exceso de movimiento que tiene sobre él. Luego este caso de colision se comprehende en la Regla general.

Por

Por exemplo, suponiendo que el cuerpo A tenga una masa 2 y una velocidad 6, y el cuerpo B una masa 3 y una velocidad 8, el cuerpo A tendrá 12 grados de movimiento y el cuerpo B 24.

Quítense al cuerpo B por el pensamiento 12 grados de movimiento que deben perecer en el choque, le quedarán otros 12 que divididos por su masa 3 darán su velocidad 4.

¿Qual será pues en este caso la *Velocidad comun* á ambos Cuerpos despues del choque? Se hallará formando esta proporcion. La velocidad incógnita x es á la velocidad 4, como la masa 3 á la suma de las dos masas 5. Asi en este caso $x. 4 :: 3. 5$: la velocidad comun despues del choque es $2 + \frac{2}{5}$.

SOLUCION II. Si el choque se hace entre dos *Cuerpos movidos en una misma direccion*, el movimiento se reparte entre ellos sin destruirse. (322.)

Luego despues del choque se halla en estos dos Cuerpos un movimiento comun, igual á la suma de los dos movimientos separados. Luego despues del choque hay en estos dos cuerpos el mismo movimiento que habria, si uno de los dos hubiera estado en reposo, y el otro le hubiera impelido con la suma total de los dos movimientos. Luego se puede considerar al cuerpo impelido como que está en reposo, y al otro como que le impele con la suma total de los dos movimientos separados. Luego este caso de colision se comprehende tambien en la Regla general.

Por exemplo, suponiendo que el cuerpo A tenga una masa 2 y una velocidad 6, y que dé en el cuerpo B movido en la misma direccion con una masa 4 y una velocidad 3, las dos sumas de movimiento son $12 + 12 = 24$.

Apliquemos por el pensamiento estos 24 grados de movimiento al cuerpo A, y supongamos el cuerpo B en reposo al tiempo de hacerse el choque. En esta hipótesis los 24 grados de movimiento del cuerpo A divididos por su masa 2 darán su velocidad 12. Qual será pues la *Ve-*

locidad comun á ambos cuerpos despues del choque ? Para hallarla no hay mas que hacer esta proporcion : la velocidad incógnita *x* es á la velocidad 12 como la masa 2 á la suma de las dos masas 6.

La velocidad comun despues del choque será pues 4. Porque buscando por una simple regla de tres el valor de la incógnita *x* se hallará que 4. 12 : : 2. 6.

PARRAFO SEGUNDO.

COMUNICACION DEL MOVIMIENTO EN LOS CUERPOS DE RESORTE Ó ELASTICOS.

326. Observacion. Sean las que fueren la naturaleza y causa de la Elasticidad (228), es cierto que exîste este principio, y que sus efectos son indubitables. Los dos fenómenos que denotan y caracterizan la Elasticidad en los cuerpos son la Compresion y Reaccion reunidas. Todo cuerpo elástico se comprime y tira como por sí mismo á recobrar la figura y estado que tenia antes de la compresion.

Se deben pues considerar y distinguir dos fuerzas en la Elasticidad de los cuerpos ; la una que cause la compresion, y la otra que resista á la compresion , y tire á destruirla quando se ha efectuado.

La primera , que se llama *Fuerza comprimente* ó *Fuerza de compresion* , ó simplemente *Accion* es extrínseca al cuerpo comprimido. Esta Fuerza es el movimiento del cuerpo comprimente que se emplea ó todo ó parte en producir la compresion.

La segunda , que se llama *Fuerza de reaccion* ó simplemente *Reaccion* es intrínseca al cuerpo comprimido; es como un muelle ó resorte interior , que puesto mas ó menos en accion por la fuerza comprimente resiste constantemente, y cada vez mas á su accion, destruyéndola mediante esta resistencia en todo ó en parte , y que despues

de haberla deſtruido se deſplega libremente en una direccion opueſta á la inflexîon y tension que ha padecído.

TEOREMA FUNDAMENTAL.

327. *La Fuerza de Reaccion es igual y opuesta á la Fuerza de compresion.*

DEMOSTRACION I. El *Resorte de un Cuerpo elástico* podria ſer comprimido todavia mas de lo que lo es en el choque ó la presion; y no obſtante dexa en fin de ser comprimido: Luego eſte reſorte resiſte á la fuerza comprimente con una fuerza igual á ella: luego la fuerza de eſte reſorte es igual á la fuerza que le comprime.

La accion de eſte Reſorte no puede menos de ser opueſta á la *Fuerza á quien resiste* y que le comprime. Luego su fuerza igual y opueſta á la Fuerza comprimente debe de producir en direccion opueſta un efecto igual al de la Fuerza comprimente. (L. Q. P. D.)

DEMOSTRACION II. Sean dos bolas de márfil colgadas en el aire una junto á otra cerca de un plano perpendicular y bien liso. Hágaſe que eſtas dos bolas iguales en maſa é igualmente apartadas de su perpendicular vengan á chocar una con otra en direcciones opueſtas y con velocidades iguales. Deſpues del choque retrocederán ambas con las mismas velocidades y consiguiente con las mismas quantidades de movimiento (271) que tenian antes del choque. Sobre eſta experiencia raciocino de este modo. (*Fig.* 14.)

I.° Si eſtas dos bolas no tuvieran mas que los movimientos primitivos que las comprimen, siendo eſtos iguales y opueſtos deberian quedar deſtruidos deſpues del choque, y las dos bolas en repoſo; como ſucede con dos bolas de barro húmedo que chocan entre sí en direcciones opueſtas con maſas y velocidades iguales.

II.° Pero eſtas dos bolas deſpues del choque tienen un movimiento que las hace recíprocamente retroceder por su ruta primitiva con la misma velocidad que tenian antes del choque: Luego tienen despues del choque un movimiento igual pero diametralmente opueſto al que tenian antes del choque.

III.° No se puede asignar á este movimiento retrógado, igual y opuesto al primitivo, otra causa que la reaccion ó el resorte de las partes comprimidas en el choque, y restablecidas despues de él. Luego esta compresion ocasiona una reaccion igual y opuesta á la accion.

IV. Quanto mayor es la masa y velocidad de estas dos bolas, mas violento es su choque, y mas grande su compresion; pues que el choque y la compresion ocasionada por él siguen necesariamente la proporcion de la fuerza motriz que les produce.

No obstante, estas dos bolas sea la que quiera su igual quantidad de movimiento, resaltan siempre despues del choque con la misma velocidad y suma de movimiento que tenian antes de él. Luego la Reaccion siempre igual y opuesta á la Accion se aumenta y disminuye, como la fuerza que la produce; y es siempre igual a la fuerza comprimente. (L. Q. P. D.)

TEOREMA SEGUNDO.

328. *Quanto mas resiste un Cuerpo elástico á la accion del Cuerpo comprimente, mayores son asi la Compresion que padece, como la Reaccion que adquiere.*

Demostracion. Quanto mas resiste un Cuerpo compresible y elástico, tanto mas lugar da á la accion del Cuerpo comprimente para que se exerza contra él segun la medida y extension de su actividad. En vez de que si cede mui facil y prontamente, se substrahe mas ó menos á la accion de la fuerza comprimente que no es instantanea, sino sucesiva.

Puede pues un Cuerpo sufrir ó toda la accion de la fuerza comprimente, y en este caso recibe una compresion proporcional y una reaccion igual á toda esta fuerza, ó solamente una parte de su accion, y en tal caso recibe una compresion proporcional, y una reaccion igual á aquella porcion de fuerza que se emplea en comprimirle. (L. Q. P. D.)

329. Corolario. *Aunque la fuerza de reaccion sea*

siempre igual á la de compresion, no se sigue de aqui que la Reaccion sea siempre igual á todo el Movimiento primitivo del cuerpo comprimente.

Demostracion. La razon de este Corolario es porque el movimiento primitivo no siempre se emplea todo entero en hacer la compresion, como sucede quando el cuerpo impelido echando á andar delante del cuerpo impelente, ó cediendo mui fácilmente á su impulsion se escapa y substrahe á parte de su fuerza y accion. Por tanto no se deben confundir siempre el *Movimiento primitivo* del cuerpo comprimente con la *Fuerza de compresion*, que es por lo comun mucho menor que el movimiento primitivo.

I.° Quando el Cuerpo impelido es inmóvil, la *Reaccion es igual á todo el Movimiento primitivo.* Porque en este caso el cuerpo impelido no evita parte alguna de este movimiento, que de consiguiente se emplea todo en producir la compresion. La fuerza comprimente perece toda en esto, y la sucede una fuerza igual y opuesta que es la Reaccion.

II.° Quando dos Cuerpos chocan entre sí con direcciones opuestas y fuerzas iguales, la *Reaccion es igual á toda la suma de los dos Movimientos primitivos*; porque los dos cuerpos impelen y resisten á un tiempo con toda la suma de sus fuerzas motrices, y la compresion es producida tanto por la percusion como por la resistencia de uno y otro.

III.° Quando un Cuerpo en movimiento da en otro en reposo y móvil, *la Reaccion es igual al movimiento que perderia el primero, y adquiriria el segundo, si ninguno de los dos fuera elástico.*

Asi, si los dos Cuerpos son iguales, ó si el cuerpo impelente es menor que el impelido, la Reaccion dividida igualmente entre los dos Cuerpos en direcciones opuestas es igual á todo el movimiento primitivo, el qual ha sufrido bastante resistencia para haberse consumido en producir la compresion.

Pero si el Cuerpo impelente es mayor que el im-

pelido, la Reaccion dividida siempre igualmente entre los dos Cuerpos en direcciones opueſtas es menor que el movimiento primitivo, por no haber eſte ſufrido bastante reſiſtencia para haberſe empleado todo en producir la compresion.

IV.° Quando un Cuerpo impele á otro que se mueve en la misma direccion, *la Reaccion es igual no á todo el movimiento primitivo, sino solo á aquel que perderia el impelente y adquiriria el impelido, si ninguno de los dos fuera elástico.*

La razon es porque el Cuerpo impelido se ſubſtrahe á la percusion, y de consiguiente á la compresion y reaccion con toda su velocidad primitiva.

330. Nota. Aunque el *Resorte de los Cuerpos elásticos* eſté dentro de ellos mismos, se le puede considerar como si fuera un reſorte exterior comprimido por dos cuerpos que chocan entre sí.

Bien se comprehende que eſte *Resorte exterior* extendiéndoſe y desplegándoſe con una fuerza igual á la que le ha comprimido, exerceria una accion igual en direcciones opueſtas contra los dos cuerpos, y que repeliéndoles de una parte y otra con igual fuerza imprimimiria á uno y otro la misma quantidad de movimiento, y de consiguiente velocidades que eſtarian en razon inverſa de las maſas. Pues siendo los movimientos iguales, si las maſas ſon desiguales, las velocidades eſtan neceſariamente en razon inverſa de las maſas. (275.)

De eſte modo se debe concebir en quanto á ſus efectos el *Resorte natural* de los Cuerpos eláſticos que se extiende y despliega despues del choque. Eſte reſorte obra con igual fuerza contra un cuerpo de una libra que le comprime de un lado, que contra otro de dos que le comprime del otro, pero imprimiendo igual ſuma ó cantidad de movimiento á eſtos dos cuerpos dará á el primero una velocidad dos veces mayor que á el ſegundo, porque siendo su maſa dos veces menor es dos veces menos dificil transportarla, y porque la misma fuerza motriz que lleva una maſa de dos libras á una diſtancia

qualquiera, debe llevar otra de una libra á una distancia doble.

REGLA GENERAL.

331. *Si un Cuerpo elástico da en otro tambien elástico en reposo y móvil, despues del choque el Cuerpo impelente habrá perdido, y adquirido el impelido doble movimiento que hubieran perdido y adquirido respectivamente, sino hubieran sido elásticos.* (*Fig.* 14. y 17.)

Explicacion. Esta Regla general es una consequencia del teorema fundamental que acabamos de demostrar. La fuerza de reaccion es igual y opuesta á la de compresion, y reside igualmente en el cuerpo impelente que en el impelido, pues la resistencia de este es igual al impulso que hace aquel para vencerla, y de la percusion y resistencia nacen la compresion y reaccion.

Luego esta reaccion debe destruir en el cuerpo impelente otro tanto movimiento como ha destruido el choque y dar al Cuerpo impelido otro tanto como el choque le ha dado. Luego el movimiento perdido por el primero y adquirido por el segundo debe ser doble de lo que hubiera sido si ninguno de los dos fuera elástico.

Luego para estimar la quantidad de movimiento que deben tener estos dos cuerpos elásticos despues del choque no hay mas que hacer que considerarles como si no fueran elásticos, (324) y doblar lo que debia perder el uno, y adquirir el otro. Por exemplo

1.° Si el Cuerpo impelente y el impelido son *iguales en masa*, despues del choque el primero queda quieto y el segundo echa á andar con toda la suma del movimiento primitivo. Asi se ve suceder todos los dias quando un diestro Jugador de bolas al dar un cabe, pega directamente con la bola de madera que despide á otra igual de la misma materia.

El *Cuerpo impelente* perderia la mitad de su movimiento primitivo por el choque sino fuera elástico (324.). Siéndolo pierde otro tanto mas por su reaccion igual y opuesta á la porcion de movimento primitivo que se

ha consumido en vencer la resiſtencia del Cuerpo impelido. Debe pues perder las dos mitades de su movimiento primitivo ó todo su movimiento primitivo.

El *Cuerpo impelido* adquiriria la mitad del movimiento primitivo por su resiſtencia ó fuerza de inercia igual á la del Cuerpo impelente sino fuera eláſtico. Siéndolo adquiere otro tanto mas por la reaccion igual y opueſta á la resiſtencia que opone al movimiento primitivo. Debe pues tener despues del choque un movimiento igual á todo el movimiento primitivo.

II.° Si la maſa impelente es *mayor* que la impelida, el Cuerpo impelente pierde una quantidad de movimiento proporcional á la resiſtencia del Cuerpo impelido y á la reaccion que le ocasiona eſta resiſtencia.

Por exemplo si un Cuerpo eláſtico de nueve onzas da directamente en otro eláſtico de una onza en repoſo y móvil, el *Cuerpo impelente* pierde una décima parte de su movimiento en virtud de la percusion, y otra décima en virtud de su reaccion, y por el contrario el *Cuerpo impelido* adquiere una décima parte del movimiento primitivo en virtud de la percusion, y otra décima en virtud de su reaccion.

III.° Si la maſa impelente es *menor* que la impelida, despues del choque el Cuerpo impelido tiene mas movimiento que tenia el impelente. Por exemplo si un Cuerpo eláſtico A con una maſa 2 y una velocidad 6 que dan 12 grados de movimiento primitivo, da en otro cuerpo eláſtico B en reposo y móvil cuya maſa es 4, despues del choque el cuerpo A retrocede con una velocidad como 2, y el cuerpo B echa á andar con una velocidad como 4.

La ſuma del movimiento del cuerpo B despues del choque es $4 \times 4 = 16$. : quando la ſuma del movimiento del cuerpo A antes del choque no era mas que $2 \times 6 = 12$.

IV.° Es fácil dar razon de eſta última experiencia asi en el Cuerpo impelente como en el impelido en virtud de los principios que acabamos de ſentar y demostrar (327 y 329.).

Si

Si el *Cuerpo impelente* A no fuera eláſtico, dando en el Cuerpo B cuya maſa es dos veces mayor perderia ocho grados de movimiento en virtud de la percusion; en nueſtro caſo pierde otro tanto mas en virtud de su reaccion. De 12 grados de movimiento que tenia antes del choque quítenſe 16, quedan —4 que divididos por 2 de maſa dan—2 de velocidad despues del choque, y de consiguiente una *Velocidad retrógrada.*

Si el *Cuerpo impelido* B no fuera eláſtico recibiria 8 grados de movimiento en virtud de la percusion. En nueſtro caſo recibe otros tantos mas en virtud de su reaccion. Tendrá pues despues del choque 16 grados de movimiento, que divididos por 4 de maſa darán 4 de velocidad en la direccion del Cuerpo impelente.

PROBLEMA GENERAL.

332. *Reducir los otros dos casos de Colision á esta Regla general.* (Fig. 14 y 17.)

SOLUCION I. Si dos Cuerpos eláſticos chocan entre sí *en direcciones opuestas*; despues del choque, si no fueran eláſticos su velocidad ſeria el exceſo del mayor movimiento dividido por las dos maſas. (325.)

Pero eſtos Cuerpos ſon eláſticos, y su reſorte ha sido pueſto en accion por toda la ſuma de los dos movimientos deſtruidos en la percusion. Es neceſario pues despues del choque dividir entre las dos maſas eſta fuerza de reaccion, igual y contraria al movimiento primitivo deſtruido. La *mitad de esta suma* de movimiento de Reaccion dividida por cada una de las maſas dará la velocidad que se debe quitar al cuerpo que tenia mas movimiento, y añadir al que tenia menos. (329.)

Por exemplo ſupongamos que el Cuerpo eláſtico A de tres libras de maſa con una velocidad 8, y el cuerpo B de una libra con una velocidad 12 choquen entre sí en direcciones opueſtas. Si eſtos dos Cuerpos no fueran eláſticos, despues del choque tendrian por *Movimiento comun* el exceſo del movimiento mayor ſobre el menor;

exceſo igual á 12, que dividido por la ſuma de las dos maſas 4 daria cada una una velocidad como 3 en la direccion del Cuerpo A.

Pero eſtos dos Cuerpos ſon eláſticos, y su reſorte ha sido pueſto en accion por los 24 grados del movimiento deſtruido que han producido una reaccion igual y opueſta á eſte movimiento. Habrá pues que quitar al cuerpo A 12 grados de movimiento, y que añadir otros 12 al cuerpo B.

Eſtos 12 grados de movimiento divididos por la masa 3 del cuerpo A darán 4 grados de velocidad que quitar á eſte cuerpo. Divididos por la maſa 1 del cuerpo B darán 12 grados de velocidad que añadirle. La velocidad del cuerpo A despues del choque ſerá pues $3-4=-1$, y la del cuerpo B ſerá $3+12=15$.

Solucion II. Si los dos Cuerpos eláſticos se chocan entre sí moviéndoſe *en la misma direccion*, se les debe de considerar primero como si no lo fueran. Se hallará por la teoría de la comunicacion del movimiento en los Cuerpos no eláſticos (325) la quantidad de movimiento que en eſte caſo perderia el cuerpo impelente, y adquiriria el impelido.

Pero como eſtos dos Cuerpos ſon eláſticos, y su reſorte ha sido pueſto en accion asi por el movimiento que pierde el cuerpo impelente, como por la resiſtencia igual que opone el cuerpo impelido; la Reaccion doblará la pérdida del cuerpo impelente, y la adquisicion del impelido.

Por exemplo ſupongamos que el cuerpo A con una maſa 2 y una velocidad 6 dé en el cuerpo B que se mueve delante de él con una maſa 4 y una velocidad 3. Si eſtos dos cuerpos no fueran eláſticos, despues del choque el cuerpo impelente habria perdido dos grados de velocidad, y el cuerpo B habria adquirido 1. (325.)

Pero como eſtos cuerpos ſon elaſticos, despues del choque el cuerpo A habrá perdido 4 grados de velocidad, y el cuerpo B habrá adquirido 2.

333. Nota. El pormenor de eſta *Teoría del Choque* se

puede fácilmente asentar y demostrar por medio de otras tantas experiencias particulares como casos distintos hemos considerado. Pero como este pormenor es de muy poca utilidad en la Física nos abstendrémos de fatigar inútilmente la atencion de nuestros Lectores.

Nos contentarémos pues con observar que la teoría y la experiencia están acordes en probar esta Verdad física; á saber que hay circunstancias en que la quantidad del movimiento es la misma antes que despues del choque, y que las hay tambien en *que la quantidad del movimiento es mayor ó menor despues del choque*, como se puede observar en los exemplos que hemos puesto.

De donde se infiere que la Regla fundamental que imaginó Descartes, á saber *que la quantidad de movimiento en los cuerpos queda siempre invariablemente la misma antes y despues del choque*, es una regla incontestablemente falsa.

No se hallarán en parte alguna tan simplificadas, mas sucinta y luminosamente presentadas y probadas las *Leyes del choque* asi en los cuerpos elásticos como en los cuerpos no elásticos, pues siempre las hemos visto muy embarazosas y complicadas; y aun en muchos Autores asi antiguos como modernos, bien comunmente erróneas y defectuosas á lo menos en su generalidad.

APLICACION DE ESTA TEORÍA DE LOS CUERPOS ELÁSTICOS A VARIOS FENÓMENOS FÍSICOS.

334. PROBLEMA I. *Explicar segun la teoría del Resorte de los cuerpos el retroceso de las Armas de fuego.*

SOLUCION. La *Pólvora encendida* en un Cañon es como un resorte que se desplega hácia todos lados con violencia, y hace exfuerzo para arrojar al aire las partes adherentes del cañon al oriente y al occidente, al zenit y al nadir, al norte y al medio-dia. Pero como las partes que componen el cañon tienen entre sí una adherencia superior á la accion de la pólvora encendida, los exfuerzos iguales é inútiles que hace ésta hácia

todos lados contra las partes inſeparablemente adherentes del cañon se convierten, asi contra la bala que puede romper hácia delante, como contra el cañon que se puede mover hácia atras. Luego la accion inmenſa de la pólvora encendida considerada como un Reſorte que obra con fuerza igual entre *dos resistencias desiguales*, dividiéndoſe entre la maſa de la bala y la del cañon debe imprimir á eſtos dos cuerpos, si todas las demas coſas ſon iguales una quantidad igual de movimiento, y de consiguiente una velocidad en razon inverſa de las maſas (275). De modo que la *Velocidad retrógada del Cañon* ſerá á la *Velocidad directa de la Bala* como la maſa de la bala es á la maſa del Cañon. (*Fig.* 34.)

I.° Un cañon de á veinte y quatro peſa comunmente en Alemania ſegun Wolfio unas 6400 libras, y en Francia ſegun San-Remi unas 5100, que con el afuſte vendrán á ſalir las mismas con corta diferiencia que peſan los cañones de Alemania.

II.° La *Velocidad de una bala arrojada de un cañon de batir* bien cargado es de unos ſeiscientos pies en el primer ſegundo. Verémos en otro lugar como se puede hallar y determinar eſta velocidad. (391.)

III.° Supongamos que la *Pólvora encendida* divide igualmente su fuerza motriz entre las dos maſas desiguales del cañon y la bala imprimiendo á una y otra una quantidad de movimiento igual y opueſta. ¿Qual debe de ſer la velocidad opueſta de la bala y del cañon despues de la inflamacion de la pólvora? Para hallarla hágase eſta proporcion. La velocidad de la bala debe de ſer á la velocidad del cañon como la maſa del cañon es á la maſa de la bala (275): de consiguiente $600 . x :: 6400 . 24$. Por una simple regla de tres se hallará que la incógnita x que expreſa la velocidad retrógrada ó el retroceſo del cañon en un ſegundo es de 2 pies y $\frac{1}{4}$.

Suponiendo pues que el cañon eſté pueſto ſobre un plano perfectamente horizontal, la velocidad retrógada del cañon ſerá á la velocidad opueſta de la bala como $2 + \frac{1}{4}$ es á 600: es decir que el cañon reculará con una ve-

locidad que le hará andar 2 pies y $\frac{1}{4}$ en un ſegundo, al paſo que en el mismo ſegundo la bala andará un espacio de 600 pies. Pero como el cañon eſtá comunmente dispueſto de tal modo que no puede recular sin que su afuſte que se debe tener por parte de su maſa ſuba por un Plano inclinado y experimente una resiſtencia grande á su movimiento, eſta resiſtencia disminuye tambien su velocidad retrógada.

El *Retroceso ó culatazo del fusil y la pistola* depende de la misma cauſa, y se explica del mismo modo. La fuerza del brazo que los ſoſtiene y dirige se debe considerar como que hace parte de su resiſtencia.

IV.° Quanto mas peſados ſon los Cañones ó Fusiles menos reculan, porque quanto mayor es una maſa menos velocidad la imprime una fuerza determinada. Si el cañon ó el fusil eſtuvieſen de tal ſuerte fixos que no pudieſen recular de ningun modo, la violencia de la bala ſeria mucho mayor, porque entonces la *accion de la Pólvora inflamada* se emplearia toda entera contra la bala; asi como la accion de un Reſorte pueſto entre un Cuerpo móvil y otro inmóvil paſa toda entera y sin dividirſe al Cuerpo móvil.

V.° Un Cañon ó un Fusil mas largos, con tal de que no ſea desmeſurada su longitud alcanzan mas, porque dan á la pólvora el tiempo neceſario para inflamarſe toda, y exercer toda su accion contra la bala, la qual se ſubſtrae al impulſo de la porcion de pólvora que no se inflama haſta despues de su erupcion.

Pero si la longitud del cañon ó del fusil es desproporcionada y mayor de lo que es neceſario para dar lugar á la inflamacion ſuccesiva de toda la pólvora, el exceſo de longitud ſolo sirve de ocasionar una frotacion que disminuye el movimiento de la bala sin utilidad alguna.

335. Nota. Tres cauſas que no harémos aqui mas que indicar, ſon las que concurren á producir el *prodigioso exfuerzo de la Pólvora* asi contra el cañon como contra la bala: á ſaber la accion explosiva del Fuego, el reſorte

desplegado del Aire, y la fuerza inmensa del Vapor producido por la inflamacion.

Algunos Físicos poco ilustrados ó poco observadores han querido atribuir el *Retroceso de las armas de fuego*, por exemplo de un cañon al sacudimiento violento del aire que se precipita por la boca contra la culata, en el instante en que la materia inflamada ha hecho su erupcion. Explicacion falsa por muchos capítulos.

I.° El Cañon empieza á recular segun Wolfio antes de que haya salido la bala, y el aire pueda haber entrado. Luego no es el sacudimiento del aire quien le hace recular.

II.° El Aire no puede precipitarse con violencia en lo interior del Cañon, á no ser que el Cañon estuviese como vacío de aire en el instante en que se hace la erupcion de la pólvora inflamada.

Ahora pues consta por la observacion, que un grano de pólvora inflamado da un volúmen de aire doscientas veces mayor que el mismo grano (653). Luego lexos de que el cañon esté vacío de aire en el instante en que se hace la erupcion, está lleno de un volúmen exôrbitante de moléculas aereas, que desatándose y rompiendo con violencia exercen su resorte asi contra la bala, como contra la culata del cañon.

III.° Aun quando el Cañon estuviese vacío de aire, la pequeña quantidad que puede contener no seria capaz de imprimirle precipitándose en él con su simple resorte natural, un sacudimiento tan violento como el que produce su retroceso.

336. PROBLEMA II. *Explicar por los mismos principios, como y porque un Cohete se eleva en el aire contra su pesantez.*

SOLUCION. Se debe considerar el Cohete como un *Cañon mui leve* cuya culata está á la parte de arriba, y cuyo calibre lleno todo de una materia sucesivamente inflamable solo tiene un agujerito de figura de embudo á la parte de abaxo, cuyo destino es dar paso á la erupcion de la materia inflamable segun se va encendiendo

ſucesivamente y como por capas. Se le ata paralelamente una varita al cohete para que le haga tomar por su gravitacion hácia el centro de la tierra una direccion siempre perpendicular con corta diferiencia al horizonte.

I.° La materia inflamable que se enciende en el cohete no ſúbitamente y como de un golpe, sino ſucesivamente y como por capas hace el oficio de un *Resorte* que se deſplega con violencia entre dos Resiſtencias; á ſaber entre el cuerpo del cohete á quien tira á hacer ſubir contra su gravedad, y la columna inferior de aire contigüo á quien tira á hacer baxar á peſar de la presion de las columnas adyacentes que la ſoſtienen, y se oponen á que ſea echada de su lugar. El cuerpo del cohete es como el cañon que recula, y las moléculas aereas ſon como la bala que se arroja con una velocidad incomparablemente mayor en fuerza de la accion explosiva de la pólvora, la qual lucha conſtantemente asi contra el fondo del cohete, como contra la columna de aire que termina en el agujero del cohete.

II.° Aunque á primera viſta parece que la *Columna inferior* del aire contigüo debe oponer mui poca resiſtencia á la erupcion de la materia inflamada, con todo como la resiſtencia de un fluido es proporcional al quadrado de la velocidad del cuerpo que le impele y echa de su lugar (302), y como la velocidad de la materia inflamada que impele la columna de aire es inmenſa, se sigue que debe ſer mui grande la resiſtencia que opone la columna de aire á la materia inflamada que ſale del cohete.

III.° El Cohete para elevarſe en el aire tiene que vencer ademas de su peſantez la resiſtencia de una columna de aire igual á su diámetro, y eſta resiſtencia lucha tambien contra la accion de la fuerza que le eleva.

Pero la resiſtencia que opone la columna ſuperior á la accion de la materia inflamada es como nula en comparacion de la resiſtencia que la opone la columna de aire inferior; porque la *Columna superior* ſolo es impelida por la velocidad del cuerpo del cohete, al paſo que la colum-

na inferior es impelida por la velocidad incomparablemente mayor de la materia inflamada que ſale del cohete.

Y como las *Resistencias de un mismo fluido* ſon entre sí como los quadrados de las velocidades (302), y la velocidad de la materia inflamada excede inmenſamente á la velocidad del cuerpo del cohete, se sigue que la resiſtencia que opone la columna ſuperior al cuerpo del cohete es como nula en comparacion de la que opone la columna inferior á la materia inflamada.

Debe pues ſubir el Cohete en lugar de baxar mientras que dure la erupcion de la materia inflamada, cuya fuerza explosiva detenida y repelida por la resiſtencia del aire lucha contra el fondo del cohete con un exfuerzo permanente, opueſto, y baſtante ſuperior al exfuerzo de su gravedad.

337. Problema III. *Explicar por la Teoría del Resorte de los cuerpos como y porque un globo elástico A dando en una fila de globos elásticos todos iguales á él queda en reposo despues del choque, é imprime todo su movimiento al último de la fila dexando quietos los globos intermedios.* (Fig. 19.)

Solucion. I.° El globo eláſtico A dando en el globo eláſtico B, debe perder la mitad de su movimiento por el choque, y la otra mitad por la reaccion (331). Debe pues quedar inmóvil junto al globo B.

II.° El globo eláſtico B acabada la compresion, queda animado de una tendencia al movimiento igual á todo el movimiento que ha perdido el globo A. En virtud de eſte movimiento inicial, detenido y como aprisionado por la resiſtencia del globo contigüo C comprime á éſte y se comprime á sí mismo, y asi pierde la mitad de su fuerza por la compresion, y la otra mitad por la reaccion. Debe pues quedar inmóvil y en repoſo, y lo mismo ſucede con los otros dos globos siguientes C y D.

III.° El Globo eláſtico E el último de la fila, comprimido por la tendencia al movimiento que tiene el globo precedente D recibe la mitad del movimiento primitivo en su compresion, y la otra mitad por su reaccion.

Y

Y como nada se opone á la tendencia que tiene al movimiento, su movimiento se efectúa y le hace andar con la misma velocidad que tenia antes del choque el cuerpo impelente A.

338. Nota. Como todos estos globos están contigüos, la compresion aunque sucesiva pasa con una rapidez inconcevible de uno á otro desde el primero hasta el último de la fila. Durante la compresion estos globos se alargan en sus diámetros *B b*, *C c*, *D d*, y se aplanan en sus diámetros *r s*, pero la Reaccion les hace volver á tomar bien pronto su estado natural.

I.° No se deben considerar estos globos como que á causa de su contigüidad no hacen mas que un solo todo, porque en este caso no habria mas que una sola compresion y una sola reaccion, quando en la experiencia de que hablamos hay realmente muchas compresiones y reacciones sucesivas, que destruyéndose recíprocamente desde la primera hasta la última exclusivamente restablecen el reposo inicial en todos estos globos excepto en el último, en el que no siendo destruido el movimiento, ni por una compresion que tenga que causar, ni por una reaccion opuesta que tenga que sufrir, persevera y se efectúa todo entero.

II.° Se comprehende fácilmente segun esta misma Teoría, que si dos globos elásticos A y E iguales en masa y velocidad viniesen á chocar en un mismo instante y en direcciones opuestas con la fila de globos iguales B, C, D, despues del choque resaltarian con la misma velocidad A y E. La razon es porque si pierden todo su movimiento por el choque, tambien le recobran por la reaccion igual á la percusion.

OBJECCIONES Y RESPUESTAS.

339. Objeccion I. Las Reglas generales que acabamos de sentar acerca de la *Comunicacion del movimiento* asi en los cuerpos elásticos como en los que no lo son, pueden ser verdaderas en el estado metafísico;

pero no lo ſon ſeguramente en el eſtado fiſico de las coſas ; por exemplo quando un cuerpo eláſtico da con seis grados de movimiento en otro eláſtico igual en maſa , en repoſo y móvil , ſegun la Teoría dada el cuerpo impelente deberia imprimir al impelido ſeis grados de movimiento ; no obſtante en la práctica el cuerpo impelido jamas tiene mas que cinco ó cinco y medio : Luego eſtas Reglas generales admirables en la Teoría no sirven de nada en la práctica.

Respuesta. Ya hemos advertido que al describir las *Leyes del Movimiento* que guardan los cuerpos en el choque , prescindiriamos de la gravedad de los cuerpos , de la resiſtencia de los medios , de la imperfeccion del reſorte en los Cuerpos que llamamos eláſticos, y de la exîstencia de un reſorte muy pequeño en algunos cuerpos que miramos como no eláſticos : aunque es cierto que todas eſtas cauſas concurren comunmente á impedir que las Reglas generales que hemos ſentado correspondan en la práctica y eſtado fiſico de las coſas con una precision exácta á la teoría.

No obſtante no se sigue de aqui que eſtas Leyes ó reglas generales ſean vanas y engañoſas en la práctica porque se acercan tanto á lo que ſucede efectivamente en el eſtado fiſico de las coſas, que la falta de precision perfecta que pueden tener ocasionada por los obſtáculos de que acabamos de hablar, en nada perjudica á la eſtimacion exâcta de las Fuerzas mecánicas. La razon es porque despues de haber valuado las Fuerzas motrices en el eſtado metafiſico conforme á eſtas Reglas generales, se valua tambien la resiſtencia de los obſtáculos que deben disminuirlas en el eſtado fiſico.

Por exemplo , se ſabe por la teoría metafiſica que un cuerpo eláſtico impelido por una fuerza como 6 deberia tener despues del choque una fuerza como 6. Si se advierte que no tiene realmente despues del choque mas que una fuerza como 5 , se hace juicio de que la resiſtencia ocasionada ó por el aire , ó por la gravedad , ó por el defecto de elaſticidad deſtruye en tal especie de cuer-

pos una ſexta parte de la Fuerza primitiva ; asi en lugar de esperar en la práctica un efecto como 6, ſolo se esperará un efecto como 5 , y no se padecerá engaño , ni en la teoría , ni en la práctica.

340. OBJECCION II. Segun las *Leyes del choque* que hemos descrito un grano de arena arrojado con un movimiento débil contra un pedazo de mármol deberia hacerle mover mas ó menos y perder su lugar : pues que el movimiento del grano de arena debe ſegun eſtas leyes dividirſe despues del choque entre el cuerpo impelente, y el cuerpo impelido.

RESPUESTA. Ya hemos demoſtrado que el Movimiento perece, ó puede perecer por la reſiſtencia (310.) Luego la *Fuerza de inercia* muy grande del pedazo de mármol puede y debe baſtar para hacer nulo el efecto del pequeño movimiento del grano de arena.

Luego si el grano de arena no es eláſtico, su movimiento perecerá simplemente y si lo es retrocederá con un movimiento igual y opueſto al que tenia antes del choque.

341. OBJECCION III. Segun las *Leyes del choque en los cuerpos eláſticos* una bola de marfil que se encuentra directamente con otra igual en una meſa de villar deberiá quedar inmóvil despues del choque (331), y no obstante la experiencia nos hace ver que continúa en moverſe despues del choque. Luego las Leyes que hemos eſtablecido acerca de la comunicacion del movimiento ſon falſas y contrarias á la experiencia.

RESPUESTA. Las Leyes del choque que hemos descrito ſolo tienen por objeto el *Movimiento de impulsion directa* , ocasionado por la accion ó reaccion.

La bola de márfil quando rueda ſobre la meſa tiene dos movimientos diferentes : el uno de impulsion horizontal con el que se mueve paralelamente á la meſa. El otro de rotacion ſobre su exe en virtud del qual todas ſus partes circulan igualmente al rededor del exe. El primer movimiento es el objeto de las leyes que hemos descrito , el ſegundo las es totalmente extraño. (*Fig.* 17.)

I.° La bola impelente comunica todo el *Movimiento de impulsion horizontal* á la impelida, de fuerte que si despues del choque desapareciese la mesa, la bola impelente continuaria en rodar sobre su exe y sus polos sin caminar horizontalmente.

Para comprobar esta teoría con la experiencia, póngase una de estas bolas al extremo de una mesa sin barandillas y despídase horizontalmente contra ella otra igual que vaya á herirla directamente, ó hágase lo mismo sobre una de las barandillas de la mesa. Despues del choque la bola impelida escapa con todo el movimiento de la bola impelente, y la impelente cae perpendicularmente en el suelo rodando sobre su exe y al rededor de sus polos.

II.° Pero sobre la cubierta de la mesa la bola impelente despues de haber perdido su movimiento de impulsion directa en el choque conserva todavia su *Movimiento de rotacion sobre su exe*, porque este movimiento nada tiene que le destruya.

Y como este Movimiento de rotacion no puede subsistir sobre la cubierta en que padece frotacion, sin que el centro de esta bola se mueva hácia adelante, continúa despues del choque en caminar hácia adelante, no en virtud de su movimiento horizontal que ya no exîste, sino en virtud de su movimiento de rotacion, que todavia subsiste y subsistirá hasta que la pesantez de la bola, y la resistencia de la cubierta destruyan totalmente este Movimiento de rotacion.

ELEMENTOS DE FISICA.

TRATADO QUARTO.

TEORIA PARTICULAR DEL MOVIMIENTO COMPUESTO, ACELERADO, REFLEXO, Y REFRACTO.

En las tres Secciones de que conſtará eſte Tratado tratarémos del Movimiento compueſto rectilíneo y curvilíneo; del Movimiento acelerado y retardado, y del Movimiento reflexo y refracto.

SECCION PRIMERA.

EL MOVIMIENTO COMPUESTO, RECTILINEO Y CURVILINEO.

342. Definicion I. El Movimiento simple y el compueſto se diſtinguen entre sí, ó por la cauſa que los produce ó por el término á que se dirigen.

I.° Se llama *Movimiento simple* aquel que no obedece mas que á una ſola fuerza, ó no se dirige mas que á un ſolo término. Tal es el movimiento de un cuerpo que en virtud de su gravedad cae por una línea perpendicular al horizonte: pues (como es claro) el movimiento de eſte cuerpo es efecto de una ſola cauſa y se dirige á un solo término.

II.° Se llama *Movimiento compuesto* aquel que es producido por la accion junta y simultanea de muchas cauſas, cuya direccion no es la misma, ó que tiran á un

tiempo hácia diſtintos términos. Tal es el movimiento de un cuerpo que se arroja horizontalmente por una ventana. Eſte cuerpo obedece á un mismo tiempo á su impulsion y á su gravitacion, y se dirige á cada inſtante asi hácia el centro de la tierra como hácia un punto del horizonte.

III.° Si dos Potencias tienen una misma direccion como los dos peſos C y D colgados uno encima de otro de una misma cuerda perpendicular al horizonte, se las considera como una *Potencia sola*, y el movimiento que producen en la misma direccion y hácia el mismo término no se le tiene por movimiento compueſto sino por movimiento simple. (*Fig.* 18.)

Para que el movimiento se tenga por *compuesto* de parte de las cauſas que le producen, es neceſario que estas cauſas no tengan una misma direccion, sino que ſus direcciones ó ſean diametralmente opueſtas, ó formen entre sí un ángulo mayor ó menor. (*Fig.* 21, 22, y 23.)

343. Definicion II. Se llama *Potencia mecánica* ó simplemente *Potencia* qualquiera cauſa animada ó inanimada que produce ó tira á producir un movimiento en un móvil. La accion de un caballo que tira de un calesin, la gravitacion de un peſo ſobre una balanza, el impulſo de una bala contra un muro, y de un corriente de agua contra una rueda ſon potencias mecánicas.

I.° Un mismo efecto, un mismo movimiento puede ſer producido por la accion junta y simultánea de muchas potencias, y en tal caſo eſtas potencias se llaman *Potencias conspirantes.* Dos potencias ſon otro tanto mas conspirantes, quanto mas se ayudan á producir su efecto comun.

II.° Para simplificar eſta Teoría del movimiento compueſto, ſupondrémos que la accion junta y simultánea de *dos Potencias* ſobre un Móvil coincide y se reune siempre en el centro del Móvil.

Quando las dos Potencias obran en direcciones diametralmente opueſtas A *m*, A *n*, ſus direcciones no forman ángulo alguno en el centro del móvil. (*Fig.* 18.)

Pero quando las dos Potencias no obran, ni en la

mifma direccion, ni en direcciones diametralmente opuestas, fus direcciones forman un ángulo en el centro del Móvil, y efte Angulo agudo, recto ú obtufo se llama el *Angulo de direccion* de las dos potencias confpirantes. Por exemplo (*Fig.* 20, 21, 22.)

Si al Móvil A le tiran de una parte en la direccion A B, y de la otra en la direccion A C, el ángulo B A C es el ángulo de direccion de las dos Potencias confpirantes B y C.

III.° Para simplificar lo mas que nos sea posible efta Teoría del Movimiento compuefto, fupondrémos tambien que las Potencias confpirantes fon *Fuerzas constantes*; es decir que conservan durante todo el tiempo de su accion la misma actividad sin aumento ni disminucion, ó que si padecen algun aumento ó disminucion de movimiento, crece ó se difminuye el movimiento proporcionalmente en ambas.

IV.° En toda efta primera Seccion procurarémos hacer ver como se ha de valuar el efecto de *muchas Fuerzas motrices* cuya accion junta y simultánea produce ó tira á producir el movimiento en un mismo cuerpo.

Efte movimiento efecto único de muchas Potencias mas ó menos opueftas, mas ó menos conspirantes puede ser ó en *línea recta* ó en *línea curva.* Le considerarémos baxo de eftos dos afpectos en los tres Párrafos siguientes, de los quales el fegundo tendrá por objeto la defcomposicion del Movimiento ó de las Fuerzas motrices.

PARRAFO PRIMERO.

MOVIMIENTO COMPUESTO RECTILINEO.

Todo Movimiento que se hace en línea recta es un *Movimiento rectilíneo*, qualquiera que sea la direccion que siga y las caufas físicas que le produzcan.

REGLA PRIMERA FUNDAMENTAL.

344. *Quando un Cuerpo móvil es impelido hácia lados diametralmente opuestos por dos Potencias constantes cuyas direcciones forman una línea recta que pasa por el centro del móvil.*

I.° *Este cuerpo queda en reposo si las dos potencias son perfectamente iguales.*

II.° *Si son desiguales, este cuerpo se mueve en la direccion de la mayor á proporcion del exceso de actividad que tiene sobre la otra.* (*Fig.* 18.)

Demostracion. Esta primera Regla comprehende dos casos diferentes que conviene distinguir: el caso de igualdad y el de desigualdad entre las dos Fuerzas motrices.

I.° Si las dos Potencias B y C son iguales, su accion opuesta A *m* A *n* lucha y se destruye recíprocamente. Luego esta doble accion destruida por una resistencia igual de ambas partes es nula respecto del Móvil A. Luego el Móvil A que no puede moverse por sí mismo y que no es mas solicitado á moverse hácia B que hácia C no se moverá hácia una ni hácia otra parte. Luego este Móvil entregado á la accion opuesta de dos Potencias iguales y diametralmente opuestas quedará en reposo.

II.° Si las dos Potencias B y C son desiguales, el Móvil A indiferente por sí mismo al reposo, ó al movimiento debe necesariamente ceder á la potencia que tira de él con mayor fuerza; pero no debe ceder sino á proporcion del exceso de actividad que ésta tiene sobre la otra; porque la potencia menor B conserva toda su actividad y la emplea en destruir en la mayor C D una quantidad de fuerza igual á la suya. Luego una parte de actividad de la potencia mayor igual á toda la actividad de la potencia menor es como nula respecto del Móvil A. Luego este Móvil solo caminará hácia la potencia preponderante C D en virtud del exceso de fuerza D que tiene esta potencia sobre la opuesta. Luego si las dos Potencias opuestas son entre sí como 3 á 2, el Mó-

Móvil cederá á la potencia vencedora como si obrando esta sola y sin obstáculo, su fuerza total fuera igual á 1 y asi proporcionalmente. (L. Q. P. D.)

SEGUNDA REGLA FUNDAMENTAL.

345. *Si un Móvil es impelido por dos Potencias constantes cuyas direcciones formen un ángulo en su centro; en fuerza de estos dos impulsos describirá con su movimiento una linea que será Diagonal de un paralelogramo construido sobre la direccion y relacion de las dos potencias conspirantes.* (*Fig.* 20, 21, 22.)

EXPLICACION. I.° Un *Paralelogramo* es una figura formada por quatro líneas rectas cuyos ángulos y lados opuestos son iguales.

II.° La *direccion de las Potencias* es la línea que cada una de por sí tira á hacer describir al Móvil.

III.° Un *Paralelogramo construido sobre la direccion y relacion de las dos Potencias* es un paralelogramo cuyos lados saliendo desde el centro del móvil coinciden con las direcciones de las dos potencias, y son entre sí en largura, como las dos potencias son entre sí en actividad.

IV.° La línea recta A D tirada desde un ángulo á otro opuesto del paralelogramo es la *Diagonal* que debe describir el centro del Móvil en su movimiento producido por la accion junta y simultánea de las dos Potencias conspirantes B y C.

DEMOSTRACION I. Supongamos que en un tiempo determinado, por exemplo en un segundo, el Móvil A debiese caminar hasta B impelido por sola la fuerza A B, y hasta C impelido por sola la fuerza A C, y dividamos este Segundo en quatro tiempos iguales. (*Fig.* 20.)

I.° Si el Móvil fuera impelido por sola la fuerza A B, al fin del primer tiempo habria andado la quarta parte de esta línea A B y se hallaria en el punto *m*, tocando asi en la linea *m u* paralela á la línea A C;

Y si fuera impelido por sola la fuerza A C, al fin del primer tiempo habria andado la quarta parte de la línea

A C y se hallaria en el punto r tocando asi en la línea $r\ u$ paralela á la línea A B.

II.° Como las direcciones de eftas dos potencias no fon diametralmente opueftas entre sí, y el Móvil puede acercarfe á un mismo tiempo á las dos líneas $m\ u$, $r\ u$, se hallará al fin del primer tiempo, habiendo obedecido sucesivamente á las dos potencias, en u.

III.° Por la misma teoría tirando siempre el Móvil A á obedecer á la accion junta y simultánea de las dos Fuerzas que le impelen, se hallará en x al fin del fegundo tiempo; en y al fin del tercero, y en D al fin del quarto tiempo ó de un fegundo.

IV.° Ygualmente por la misma teoría aplicada á todos los inftantes intermedios de eftos quatro tiempos iguales se hallará fucesivamente el Movil, ó mas bien el centro del Móvil en alguno punto correspondiente á la línea A D.

Luego efte Móvil en fuerza del impulfo de las dos Potencias A B y A C habrá andado en un fegundo la línea A D.

Es así que la línea A D es la *Diagonal* de un paralelogramo conftruido fobre la direccion y relacion de dos potencias conspirantes. Luego un Móvil en virtud del doble impulfo de dos Potencias conftantes y conspirantes describe con su movimiento una línea que es la Diagonal del paralelogramo conftruido fobre la direccion y relacion de las dos fuerzas que le mueven. (L. Q. P. D.)

Demostracion II. Si dos Martillos M y N movidos por dos refortes fixos y de fuerza desigual pegan á un mismo tiempo á una bola de madera ó marfil puefta fobre un plano horizontal, se verá á la bola A andar la línea A D que ferá la Diagonal de un paralelogramo conftruido fobre la direccion y relacion de las dos impulsiones A B y A C.

Si permaneciendo la misma la impulsion A C se la junta otra A G en lugar de A B y mas débil que ella, la bola A defcribirá la línea A H que ferá la Diagonal de un nuevo paralelogramo conftruido fobre la direccion y relacion de los dos impulsos A C y A G. (*Fig.* 22.)

Luego la teoría y la experiencia demueſtran de concierto la verdad de la Regla fundamental que acabamos de ſentar acerca del Movimiento compueſto rectilíneo. (L. Q. P. D.)

VARIOS COROLARIOS SOBRE ESTE OBJETO.

346. Corolario I. *La Diagonal de un paralelogramo construido sobre la direccion y relacion de las dos Potencias conspirantes, expresa tanto la quantidad de su accion como la de su efecto.*

Explicacion. I.° La Diagonal expreſa la *Quantidad de su efecto*, pues expresa la velocidad impreſa al Móvil que es como el eſpacio andado en un tiempo determinado, y por lo mismo como la longitud de la diagonal que anda el Móvil en un tiempo dado.

II.° La Diagonal expreſa la *Quantidad de su accion unida* sobre el Móvil, pues el efecto es siempre proporcional á la cauſa que le produce, y la longitud de la Diagonal expreſa el efecto comun de las dos Potencias, ó la velocidad y movimiento que imprimen juntas al Móvil.

347. Nota. La *Velocidad del Movimiento compuesto* es menor que la ſuma de las dos velocidades que la producen; pues la Diagonal A D que expreſa la velocidad del Movimiento compueſto es menor que los dos lados A B y A C que expreſan las velocidades de las dos Fuerzas motrices.

La razon de eſto es; porque las dos velocidades A B y A C que tiran á imprimir al Móvil las dos fuerzas motrices tienen direcciones incompatibles, y se oponen mas ó menos una á otra á proporcion de su incompatibilidad. Deben pues imprimir al Móvil menos velocidad que si concurrieſen á moverle en una misma direccion. (*Fig.* 20, 21, y 22.)

1.° Quanto menor es el ángulo de direccion *mayor es el efecto comun de las dos Potencias*, porque ſus direcciones ſon tanto menos incompatibles, y se oponen tanto menos una

á otra quanto menos diſtantes eſtán de conſpirar en una misma direccion.

II.° Quanto mayor es el ángulo de direccion, *menor es el efecto comun de las dos Potencias*, porque ſus impulſos ſon tanto mas incompatibles y se oponen tanto mas uno á otro, quanto eſtán mas diſtantes de coincidir en una misma direccion.

348. Corolario II. *Quando las direcciones de dos Potencias conspirantes forman un ángulo recto en el centro del móvil, cada una de ellas obra sobre él como si la otra no obrase, y produce todo su efecto sin aumento ni diminucion alguna.* (Fig. 22.)

Explicacion. Sea el Móvil A movido horizontalmente por una fuerza que tira á llevarle á B en un ſegundo, y verticalmente por otra que tira á llevarle á C en igual tiempo.

I.° *La Potencia que obra horizontalmente* tira á llevar al Móvil en un ſegundo á B, ó á hacerle andar en un ſegundo un eſpacio horizontal igual á A B, y la es indiferente que el Móvil llegue al fin del ſegundo á B, ó á D, ó á qualquier otro punto de la línea B D.

II.° *La Potencia que obra verticalmente* y que consideramos por ahora como conſtante tira á llevar en el mismo tiempo al Móvil á una diſtancia igual á A C, y eſta distancia de alto abaxo se halla en qualquiera punto de la línea C D.

Asi quando ambas Potencias obran juntas ſobre el Móvil y le llevan por la diagonal A B, cada una de ellas consigue su efecto sin aumento ni diminucion, como si el Móvil no fuera movido por la otra. Y ni se ayudan ni se perjudican relativamente á su efecto particular.

349. Corolario III.° *No sucede lo mismo quando el ángulo de las dos Potencias es obtuso ó agudo, pues en estos casos el efecto de una de las dos se disminuye si el ángulo es obtuso, y se aumenta si es agudo.* (Fig 21. y 23.)

Explicacion. I.° Si la Potencia horizontal A B y la obliqüa al horizonte A C obran contra el Móvil A baxo el *Angulo obtuso* B A C, el Móvil corre la diagonal A D.

En este caso el efecto de la Potencia horizontal se disminuye la quantidad B *m* : y esta disminucion será tanto mayor quanto mas obtuso sea el ángulo de direccion.

II.° Si la Potencia horizontal A R, y la obliqüa al horizonte A T obran contra el Móvil A formando entre sí el *Angulo agudo* R A T, el Móvil corre la diagonal A S.

En este caso el efecto de la Potencia horizontal R *m* se aumenta la quantidad R *m*, y este aumento será otro tanto mayor quanto mas agudo sea el ángulo de direccion. (347).

350. Aplicacion. Supuesta esta Teoría general del Movimiento, es fácil resolver varios problemas particulares que la vista ó la imaginacion pueden presentar al entendimiento; por exemplo (*Fig.* 31.)

I.° *¿Que camino debe seguir un Barco* A *tirado obliquamente contra la corriente del agua por dos Potencias conspirantes* m y n, *la una de un lado y la otra del otro del Rio?*

El Barco debe moverse por medio del rio, si las dos Fuerzas conspirantes que tiran de él son iguales, pues esta direccion A B es la diagonal de una infinidad de paralelogramos construidos á cada instante sobre la direccion y relacion de las dos fuerzas que obran sobre el Barco A.

II.° *¿Que camino debe seguir un Tito de guinda que escapa de entre los dedos, que le oprimen obliqüamente de una parte y de otra?*

Prescindiendo de su gravedad que le da un movimiento acelerado hácia el centro de la tierra, debe caminar este Tito por una línea que seria la diagonal de un paralelogramo construido sobre la direccion y relacion de las dos Fuerzas ó Presiones que le ponen en movimiento.

III.° Suponiendo que un Ginete que corre á rienda suelta se mueve con un movimiento siempre igual sobre una línea recta llevando en la mano un fusil cargado siempre perpendicular al horizonte; *¿ en donde caeria la bala despedida del fusil si llegase á dispararse ?*

La bala caeria en la boca misma del fusil G P K, si efte cafo metafísico pudiefe ser reducido exáctamente á la práctica. (*Fig.* 32.)

La razon de efto es, porque la bala F saliendo del fusil tiene dos movimientos diferentes, el uno vertical F *e* ocasionado por la impulsion de la pólvora inflamada, y el otro horizontal F *f* que es el movimiento mismo del Ginete; y asi es precifo que la bala F en virtud del *Movimiento vertical* que fubsifte durante un cierto tiempo, y *del horizontal* que es conftante, fuba primero y defpues baxe siguiendo las diagonales F E, E D, D C, C B, B A, A S, S T, T V, V Y, Y Z de una ferie de paralelogramos construidos fobre la direccion y relacion de las dos fuerzas vertical y horizontal que la mueven.

Quando la bala efté en E el fusil vertical que lleva el Ginete eftará en *f*. Quando la bala efté en C el fusil eftará en G; quando la bala efté en A el fúsil eftará en P: quando la bala efté en V el fusil eftará en K, &c.

Quando la bala llega á su mayor elevacion ha perdido todo su movimiento vertical afcendente, y su gravedad la da otro *Movimiento vertical descendente*, que combinándofe con el movimiento horizontal que siempre fubsifte, la vuelve á traer á la boca del fusil en Z. El camino que sigue efta bala es una Parábola de la que hablarémos en otra parte, pero que refulta del movimiento compuefto de que aqui se trata. (380.)

IV.° En muchísimas circunftancias es necefario tener cuidado con la *Combinacion de estos dos Movimientos* horizontal y vertical, la qual influye mas ó menos fensiblemente en los refultados que se esperan de un móvil.

Por exemplo un Cuerpo que se tira desde una barca ó un coche que se mueven con rapidez, no tiene la misma direccion que tendria si la barca ó el coche estuviefen parados: porque efte cuerpo participa asi del movimiento de la mano que le arroja, como del movimiento del coche ó de la barca desde donde le tiran; y por lo mismo sigue la *Diagonal* de un paralelogramo conftruido fobre la direccion y relacion de las dos caufas que le mueven.

PARRAFO SEGUNDO.

DESCOMPOSICION DEL MOVIMIENTO Ó DE LAS FUERZAS MOTRICES.

351. Observacion. *Un mismo y único Movimiento* puede mirarse como compuesto, ó por razon de su causa que real ó equivalentemente es múltipla, ó por razon de su accion que se divide y hace como múltipla produciendo su efecto en una direccion y no en otra.

I.° En primer lugar se sabe, como acabamos de hacer ver en el Párrafo anterior, que dos Fuerzas motrices que obran juntas sobre un mismo Móvil en direcciones diferentes producen menos efecto ó menos Movimiento en él, que si obrasen en una misma: igualmente se ve tambien que *la suma de las dos fuerzas consideradas cada una de por sí* es como los dos lados de un paralelogramo construido sobre su relacion; y su *Accion junta* como la diagonal del mismo paralelogramo. (347.)

II.° Ademas consta por la Experiencia que una misma Fuerza motriz que obra directa y perpendicularmente contra un Móvil, le imprime un impulso mayor que quando obra contra él *en direccion obliqua.*

Por exemplo una bala de cañon que pega perpendicularmente en un muro produce un efecto mayor que quando da en él en direccion obliqua. En el primer caso exerce toda su fuerza contra el muro, y en el segundo una parte de su fuerza pierde su accion y efecto.

III.° Trátase en este segundo Párrafo de valuar así la *Accion junta* de dos Fuerzas que obran sobre un mismo Movil, como la *Accion obliqua* de sola una que obra contra una resistencia. Y vamos á hacerlo en los dos Problemas siguientes.

Problema I.

352. *Dada la velocidad impresa á un Móvil por la accion junta de dos potencias, y el ángulo que la direccion de cada*

potencia hace con la direccion del Móvil, determinar así la suma comun de las dos Fuerzas motrices, como la suma propia y particular de cada una de ellas. (Fig. 20, 21, 22.)

Explicacion. I.° Desde un punto qualquiera A tírense dos líneas indefinidas A B y A C que entre sí formen un ángulo igual á la ſuma de los dos ángulos dados.

II.° De eſte ángulo total B A C tómese una parte B A D igual al ángulo que hace la direccion de la potencia A B con la direccion del Móvil, y tíreſe la línea indefinida A D. El ángulo total B A C habrá sido dividido por eſta línea indefinida en dos ángulos que ſeran respectivamente iguales á los dos ángulos dados, ó á los dos ángulos formados por la direccion del Móvil, y por la direccion de las dos Fuerzas que le mueven.

III.° Supongamos ahora que la *velocidad impresa al Móvil* por la accion junta de las dos Fuerzas conspirantes que es la velocidad dada, ſea como 30.

Sobre una línea dividida exâctamente en partes iguales tómeſe con el compas una largura de treinta partes; y deſde el punto A llévese eſta abertura del compas ſobre la línea indefinida A D. Pueſta una punta del compas en A la otra caerá sobre un punto D, y la línea A D será igual á treinta partes. (*Math.* 411.)

IV.° Desde eſte punto D tíreſe una línea D B paralela á la línea A C, y otra D C paralela tambien á la línea A B. Eſtas líneas formarán un Paralelogramo A B C D, cuya *Diagonal* ſerá A D. Hechos todos eſtos preparativos, es fácil reſolver las dos partes del problema.

Solucion I. Se ſabe que la *velocidad del Movimiento compuesto* es á la ſuma de las dos velocidades que la producen, como la diagonal es á la suma de los dos lados. (345.)

Tómese pues con el compas la longitud del lado A B, y despues póngaſe el compas ſobre la miſma línea de las partes iguales en la que se ha tomado lo largo de la diagonal A D; hágaſe lo mismo con el lado A C y se tendrá en partes conocidas la *longitud de los dos lados* A B y A C, y por consiguiente las dos fuerzas motrices

A

A B y A C expresadas por la longitud de estos lados.

Por exemplo siendo la diagonal, como suponemos de treinta partes iguales; supóngase tambien que el lado A B sea de 25, y el lado A C de 18: la suma de estas dos velocidades motrices será 25 + 18 = 43.

No teniendo el Móvil en este caso mas que 30 grados de velocidad los 13 que faltan de los 43 habrán sido destruidos por la incompatibilidad de las dos direcciones.

Solucion II. Como los dos lados A B y A C expresan las dos velocidades que imprimirian al Móvil las dos fuerzas motrices si obrasen separadamente sobre él; estos dos lados conocidos harán conocer asi estas dos fuerzas como su relacion; y por lo mismo el valor separado de cada una.

En el exemplo que acabamos de poner la fuerza A B es á la fuerza A C como 25 es á 18, y tenemos descompuestas las dos fuerzas. Tal es la solucion del famoso Problema de la *descomposicion de las Fuerzas unidas ó conspirantes*.

353. Nota. Si *dos Fuerzas motrices* A B y A C con una suma de movimiento como 43 producen en el Móvil A un movimiento ó tendencia á él como 30: una *Fuerza única* como 30 que obrase directamente contra el Móvil en la direccion D A le haria quedar parado, y estaria en equilibrio con las dos Potencias A B y A C.

La razon de esto es, porque la *Fuerza directa* D A igual á 30 obraria tanto contra el Móvil A, como las *dos Fuerzas conspirantes* A B y A C cuya accion es en parte destruida por la incompatibilidad de sus direcciones.

PROBLEMA II.

354. *Estimar la accion de una Fuerza que obra obliqüamente, ó descomponer una Fuerza obliqüa.* (Fig. 22.)

Solucion. Supongamos que el Móvil A en virtud del impulso de los dos martillos M y N se mueve con 20 grados de velocidad contra C D que se considera como un Plano sólido.

I.° Es evidente que el Móvil A no camina á dar en el plano C D en virtud de la impulsion A B que le imprime el martillo M; pues que esta impulsion A B no le arroja contra el plano C D.

Luego la parte de la fuerza motriz que el Móvil A recibió del martillo M, es ninguna relativamente al plano C D.

II.° Es claro que el Móvil A en virtud del impulso A C que recibe del martillo N, camina á dar en el plano C D. Luego sola la parte de la fuerza motriz que el Móvil A recibió del martillo N, exerce su accion contra el plano C D.

III.° La *Fuerza entera* del Móvil A producida por las dos fuerzas conspirantes A B y A C debe pues considerarse relativamente al plano C D en que da, como si estuviese dividida y descompuesta en dos fuerzas A B y A C de las quales la una fuese paralela, y la otra perpendicular al plano. La primera A B no obra contra el plano, y sola la segunda A C exerce su accion contra él.

IV.° Resulta de esto, que para descomponer una *Fuerza obliqüa* no hay mas que hacer que concebir de la parte de acá del punto D en que el Móvil debe dar en el plano, un rectángulo qualquiera cuya diagonal sea la direccion del Móvil, y del que el un lado sea el plano.

En la fuerza total del Móvil qualesquiera que sean su velocidad y masa, la parte que hiere es á la parte que no hiere, como el lado A C perpendicular al plano herido al lado A B paralelo al mismo plano.

Por exemplo, si el lado perpendicular es igual al lado paralelo, la fuerza motriz del Móvil debe ser dividida en dos partes iguales de las quales sola una hiere al plano. Si el lado perpendicular A C es dos veces mas pequeño que el lado paralelo A B, la fuerza motriz del Móvil debe dividirse en tres partes, de las quales sola una hiere el plano; y asi proporcionalmente.

V.° Es evidente que se verificaria la misma descomposicion, si la Fuerza obliqua A D en vez de nacer de *dos Impulsiones*, naciese de dos *Atracciones* A B y A C; y

que en la Fuerza total A D la parte que atraxeſe en C ſeria á la parte que atraxeſe en B como el lado A C es al lado A B.

355. Nota. Es indiferente para la percusion que la *Fuerza motriz* del Móvil ſea producida por ſola una ó por muchas fuerzas conspirantes. Eſta Fuerza motriz del Móvil que va á dar en un plano es siempre la misma en su naturaleza, ſea el que quiera su orígen y cauſa. Considerada con relacion al término adonde va á producir su efecto, debe asimismo dividirſe y descomponerſe en dos acciones, la una paralela y la otra perpendicular al plano. (*Fig.* 24.)

Una *Fuerza obliqua* A B puede mirarſe como formada de una infinidad de pequeños paſos unos paralelos, y otros perpendiculares al plano G H Eſta Fuerza obliqüa dividida en paſos paralelos y perpendiculares al plano ſerá una fuerza descompueſta en ſus dos acciones *a g n*; de las quales la una es nula, y la otra es eficaz con relacion al plano.

356. Corolario. *La Fuerza impulsiva de un Cuerpo contra un Plano es todo lo que puede ser de grande quando da en él perpendicularmente; pero quando toma varios grados de obliqüidad descrece como los Senos de los ángulos de incidencia.* (Fig. 30.)

Explicacion. I.° La *Fuerza impulsiva* de un cuerpo P lucha toda entera contra el plano G H quando da en él perpendicularmente. En eſte caſo no se descompone su accion en dos partes de las quales la una quede sin efecto.

Eſta *accion total* y totalmente activa contra el plano es repreſentada por el radio P B que es el Seno del ángulo recto. (*Math.* 634.)

II.° Quando eſta misma Fuerza impulsiva se hace obliqüa respecto del plano, su accion total A B se descompone en dos partes, la una A D paralela al plano y sin efecto alguno; la otra A M perpendicular al plano y ſola activa.

En eſte caſo siendo repreſentada la *accion total* del

Móvil por A B = P B, la parte impulsiva de esta accion total será representada por la perpendicular A M que es el Seno del ángulo de incidencia A B G.

III.° Si esta misma Fuerza impulsiva toma todavia mayor obliqüidad de suerte que obre en la direccion S B, se descompone tambien en dos acciones de las quales la una S T es paralela al plano y nula en la percusion, y la otra S U es perpendicular al plano y sola ella es activa en la percusion.

En este caso la *parte impulsiva* de la Fuerza total es como la perpendicular S U que es el Seno del ángulo de incidencia S B H, y asi proporcionalmente.

Luego la Fuerza impulsiva de un Cuerpo haciéndose obliqüa al Plano en que da, descrece como los Senos de los ángulos de incidencia.

357. Nota. Si un Móvil P en vez de herir un Plano, hiere un cuerpo de superficie curva, por exemplo un globo B X, la direccion P B del cuerpo que hiere es perpendicular al cuerpo herido quando tira á pasar por el centro X del cuerpo herido. En este caso la *Fuerza impulsiva* no se descompone, sino que lucha toda entera contra el globo B.

Pero quando la direccion A B ó S B del cuerpo que hiere, tira á pasar fuera del centro del globo, entonces es obliqüa y esta obliqüidad se mide por los ángulos A B G ó S B H que hace la direccion del cuerpo que hiere con la tangente G H tirada al punto del contacto. En este caso la *Fuerza impulsiva* del cuerpo que hiere se descompone en dos partes, una sin efecto, y otra activa en la percusion; como si el punto de contacto fuese un plano G H.

Se ve por esto, que la teoria que acabamos de dar en el Problema y Corolario precedentes, es la misma para un Cuerpo de superficie plana que para un Cuerpo de superficie curva.

PARRAFO TERCERO.

MOVIMIENTO COMPUESTO CURVILINEO.

358. Observacion. No todo Movimiento compuesto es curvilíneo, pues que hay tambien Movimiento compuesto en línea recta cuya teoria acabamos de dar.

Pero todo *Movimiento curvilíneo es necesariamente compuesto*, pues que todo movimiento tira naturalmente á efectuarse en línea recta (308); y no puede efectuarse en línea curva sino por la influencia de dos causas juntas y simultáneas de las quales la una le lleve á cada instante á la línea recta, y la otra le aparte á cada momento de ella.

De dos Fuerzas que mueven un Móvil en línea curva, la una le impele continuamente hácia el centro de su movimiento, y la otra tira sin cesar á apartarle de él. La combinacion de estas dos Fuerzas motrices es la que determina la *naturaleza de la Curva* que describe el Móvil.

359. Definicion I. Se llama *Centro de Movimiento* el punto comun hácia donde una fuerza tira á llevar el Móvil quando otra fuerza intenta apartarle lejos de él.

En el *Movimiento circular* el centro del movimiento es el centro mismo del círculo.

En el *Movimiento elíptico* el centro del movimiento es uno de los focos F de la elipse, especie de círculo cuyo centro C está indefinidamente apartado en F y en G alargando un lado de la curva y aplanando el otro. (*Fig.* 28.)

360. Definicion II. Hay que considerar tres Fuerzas en el movimiento curvilíneo. Fuerza centrípeta, Fuerza proyectil, y Fuerza centrífuga. (*Fig.* 29.)

I.° Se llama *Fuerza centrípeta* la que impele al Móvil hácia el centro del movimiento. La Fuerza *a c* que tira á hacer baxar al Móvil por el radio hácia el centro C es la fuerza centrípeta de este Móvil.

II.° Se llama *Fuerza proyectil* ó Fuerza tangencial, la que impele al Móvil á escaparse por la tangente de su curva. La fuerza *a b* es la fuerza proyectil de este Móvil.

III.° El Móvil no puede escaparſe por la tangente de su curva sin apartarſe del centro de su movimiento. La fuerza proyectil le da pues neceſariamente una *Fuerza centrífuga*, ó una fuerza en virtud de la qual el Móvil tira sin ceſar á apartarſe del centro C de su movimiento.

Eſta fuerza centrífuga originada de la fuerza proyectil es siempre menor que ella, pues que *b d* que expreſa la fuerza centrífuga, es neceſariamente menor que *a b* que expreſa la fuerza proyectil.

IV.° La *Fuerza centrífuga* es siempre igual á la *Fuerza centrípeta* en un círculo por exemplo $b\,d = a\,c$.

No es asi en la elipse, en donde eſtas dos Fuerzas padecen variaciones continuas, en fuerza de las quales una de ellas se halla alternativamente ya tan grande, ya mayor, y ya menor que la otra, como lo explicarémos en otro lugar.

PROPOSICION I.

361. *Un Móvil que se mueve en línea circular, describe sucesivamente una infinidad de pequeñas Diagonales ocasionadas por la accion siempre uniforme de una Fuerza proyectil y de una Fuerza centrípeta que le mueven.* (Fig. 29.)

Demostracion. I.° Un Móvil que se mueve en línea circular obedece neceſariamente á mas de una Fuerza motriz, pues sino obedecieſe á mas que á una ſola, se moveria en línea recta y no en línea curva. (308)

Por exemplo si el Móvil *a* no obedecieſe mas que á la fuerza *a b* se moveria conſtantemente en la direccion *a b* por la tangente.

Si el miſmo Móvil no obedecieſe sino á la fuerza *a c*, se moveria siempre en la direccion *a c* por el radio.

Eſtas dos Fuerzas combinadas ſon neceſarias y bastan para producir el *Movimiento circular* del Móvil, como vamos á hacerlo ver. Luego en el Movimiento circular del Móvil no hay mas ni menos de dos cauſas.

II.° Un Móvil que se mueve en línea circular eſtá siempre igualmente diſtante por todas partes del centro de su movimiento; luego las dos fuerzas que intentan jun-

tamente ya acercarle, y ya apartarle del centro C de su movimiento permanecen siempre en la misma relacion entre sí sin aumento ni disminucion alguna.

Luego las direcciones de estas dos fuerzas forman siempre entre sí un *Angulo recto*; pues no conservarian entre sí la misma relacion si hiciese un ángulo obtuso ó agudo. (348 y 349.)

III.° Un Móvil que se mueve en línea circular debe pues ser considerado en un punto qualquiera *a* de su curva como entregado á dos Fuerzas motrices *a b* y *a c* cuyas direcciones por la tangente y el radio forman siempre un ángulo recto en el centro del Móvil.

Luego segun la teoria del Movimiento compuesto rectilíneo, el Móvil *a* obedeciendo á la accion de las dos fuerzas conspirantes *a b* y *a c* debe en un tiempo infinitamente pequeño describir la Diagonal *a d* de un paralelogramo rectángulo infinitamente pequeño construido sobre la direccion y relacion de las dos fuerzas conspirantes. Luego el Móvil al fin de este tiempo sumamente pequeño no se hallará ni en *b* ni en *c*, sino en *d*.

IV.° El Móvil puesto ya en *d* está todavia entregado á dos fuerzas motrices *d x* y *d e* respectivamente iguales á las dos precedentes: luego correrá igualmente en un tiempo infinitamente pequeño la Diagonal *d n*. En los tiempos siguientes el Móvil correrá asimismo y por un mecanismo semejante las diagonales *n m* y *m r*, y asi de toda la demas circunferencia del círculo.

Luego un Móvil entregado á la accion siempre uniforme de dos fuerzas una de proyeccion, y otra centrípreta debe describir en una infinidad de instantes sumamente pequeños una multitud de Diagonales infinitamente pequeñas cuya suma será la curva circular. (L. Q. P. D.)

PROPOSICION II.

362. *Un Móvil que se mueve en línea elíptica, describe una infinidad de pequeñas Diagonales ocasionadas por la accion alternativamente creciente y descreciente de una fuerza de proyeccion y de otra centrípetra que le mueve.* (Fig. 28.)

Explicacion. Sin entrar aqui en ningun pormenor asi acerca de la naturaleza de la Elipfe como de la causa física del movimiento elíptico, objetos de que se podrá tomar una idea fuficiente en nueftra Geometría y nueftra Teoría del Cielo, fupondrémos que la figura 28 reprefenta una elipse; y que el cuerpo movido en efta curva tiene siempre por centro de movimiento durante toda su revolucion el punto F que es uno de los dos Focos de la elipse. (*Math.* 749 y 757.)

I.° En efta curva como en la precedente el Móvil obedece necefariamente á dos *Fuerzas conspirantes* que le tiran á un mismo tiempo á mover la una por el radio, y la otra por la tangente de la curva. Segun la teoria del movimiento compuefto rectilíneo debe pues el Móvil describir en cada tiempo fumamente pequeño las Diagonales de otros tantos paralelogramos infinitamente pequeños, conftruidos fobre la direccion y relacion de las dos fuerzas que le mueven. Luego el Móvil en una multitud de inftantes infinitamente pequeños correrá una infinidad de pequeñas Diagonales *a d*, *d n*, *ñ r*, *r s*, *s t*, *t v*, *v x*, *x y*, *y z*, *z i*; *i k*, *k o*, *o g*, *g a*, cuya fuma ferá la Curva elíptica.

II.° Si los ángulos que la direccion de la Fuerza proyectil y la de la centrípeta forman en el centro del Móvil, fuefen siempre ángulos rectos como en el círculo; el Móvil no se acercaria ni apartaria jamas del centro F de su movimiento; porque no siendo nunca eftas dos fuerzas ni mas ni menos conspirantes en fus direcciones, siempre confervarian cada una su misma quantidad de accion sin aumento ni disminucion alguna, (348) é imprimirian continuamente al Móvil la misma quantidad de movimiento centrípreto y centrífugo; los quales dos movimientos perfeverando iguales y opueftos le mantendrian á la misma diftancia del centro F de su revolucion.

Pero si las direcciones de las dos Fuerzas que mueven el Móvil tan pronto forman entre si ángulos rectos como obtufos y agudos, la *accion junta de estas dos*

Fuer-

Fuerzas que obran siempre por la tangente y el rádio, debe variar con los ángulos. El movimiento del Movil es tanto mayor quanto el ángulo de las dos fuerzas ó potencias conspirantes es menor ; y es tanto menor quanto el ángulo de las dos potencias conspirantes es mayor. (349)

Es asi que en un movimiento elíptico la direccion de la Fuerza proyectil y la de la centrípeta hacen ángulos que varían sin cesar. El ángulo *b a* F es recto, el ángulo *e d* F es obtuso, todos los ángulos siguientes van siendo cada vez mas obtusos hasta el ángulo *p x q* que es aun recto. Todos los que se siguen son cada vez mas y mas agudos, hasta que el Móvil despues de una revolucion entera llega nuevamente al punto *a* endonde vuelve á empezar como antes el ángulo recto.

Luego el movimiento de un Móvil que describe una curva elíptica tan pronto debe á veces aumentarse y á veces como disminuirse. Luego un Móvil que se mueve en línea elíptica describe una infinidad de pequeñas diagonales ocasionadas por la accion alternativamente creciente y descreciente de dos fuerzas una de proyeccion, y otra centrípeta, de las quales la una le tira á mover sin cesar por la tangente, y la otra por el rádio.

III.° Esta teoría del Movimiento elíptico presenta aqui á la vista y al entendimiento un bosquejo del movimiento regular y permanente de los Planetas y Cometas al rededor del Sol, centro comun de sus revoluciones elípticas. (771.)

SECCION SEGUNDA.

EL MOVIMIENTO ACELERADO Y RETARDADO.

La teoría del Movimiento acelerado y retardado, y la aplicacion de esta teoría á la Balística son los dos objetos de esta segunda Seccion

PARRAFO PRIMERO.

LEYES DE LA ACELERACION DE LOS GRAVES.

363. OBSERVACION I. Nada hay mas cierto ni mas digno de atencion en toda la Física que el fenómeno del Movimiento acelerado de los graves.

I.° Los *Graves* ó los cuerpos que pesan cayendo libremente hacia sus centros corren mas espacio en el segundo tiempo que en el primero, y en el tercero mas que en el segundo, lo qual no puede ser sin que su velocidad crezca y se acelere segun cierta proporcion que conviene determinar.

Por exemplo una bala de fusil que de la altura de una pulgada cae sobre mi cabeza no me hace daño, pero cayendo de una altura de cinquenta ó sesenta pulgadas causa en mí una contusion dolorosa. La masa de la bala es la misma en ámbos casos, y con todo su Fuerza motriz es mucho mayor en el segundo que en el primero. Luego es preciso que la velocidad de la bala sea mucho mayor en el segundo caso que en el primero (272). *Luego es necesario que la bala haya acelerado su velocidad* en los diferentes tiempos de su caida. ¿Pero segun que proporcion se aumenta esta velocidad?

II.° Antes de Galileo pensaban los mas de los Filósofos sin saber porque, que la velocidad de los graves quando caen libremente se acelera segun la progresion creciente de los *Números naturales* 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. y asi progresivamente, de tal suerte que si un cuerpo cayendo libremente en muchos tiempos iguales corria una toesa en el primer tiempo, en el segundo debia correr dos, en el tercero tres, en el quarto quatro, y asi en los demas tiempos.

III.° Galileo despues de haber exâminado y profundizado esta materia demostró que la *Velocidad de los Graves* se acelera, no segun la progresion creciente de los Números naturales sino segun la progresion creciente de los *Nú-*

meros impares 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13 &c. De tal ſuerte que si un cuerpo que cae libremente en muchos tiempos iguales corre una toeſa en el primer tiempo de su caida, debe correr tres en el ſegundo, cinco en el tercero, siete en el quarto, nueve en el quinto, once en el ſexto, y asi progresivamente en los tiempos siguientes.

La *teoría de Galileo* acerca de la aceleracion de los Graves es una de las mas bellas producciones del entendimiento humano. Vamos á exponerla y á hacer uſo de ella en toda eſta Seccion.

364. Observacion II. Harémos ver en otra parte que la *Pesantez de los cuerpos* tiene por única cauſa la Ley general de gravitacion ó atraccion, en fuerza de la qual todos los cuerpos caminan hácia ciertos centros comunes (808).

Pero qualquiera que ſea la naturaleza y cauſa de la Peſantez es cierto que exîſte y que obra perſeverantemente en los cuerpos. La teoría de su accion no depende pues de la de su naturaleza y su cauſa; y aqui no se trata sino de su accion, y de valuar ſus progreſos.

I.° Eſtá demoſtrado por las Obſervaciones experimentales (248), *que en nuestros paises un Grave que caiga libremente corre en el primer segundo cerca de* 15 *pies de Francia*, que componen como 16 pies de Inglaterra ó una pertica ingleſa.

II.° Eſtá averiguado tambien por las Obſervaciones experimentales (254), que la *Pesantez se aumenta á medida de que el Grave á quien anima se acerca al centro de la tierra*, y que eſta *Potencia variable* crece y descrece en un mismo Grave pueſto á diferentes diſtancias del centro de la Tierra en razon inverſa del quadrado de eſtas diſtancias. (805)

III.° Conſta en fin por las mismas Obſervaciones experimentales, que la *Pesantez es sensiblemente la misma en un Grave puesto algunos centenares de pies mas ó menos distante del centro de la Tierra*; por exemplo (*Fig.* 13.)

Si un cuerpo D con su cuerda C D hace preciſamente equilibrio en C con la balanza opueſta, eſte mismo

cuerpo puesto doscientos ó trescientos pies mas abajo en D aun permanecerá precisamente en equilibrio con esta balanza. La razon de esto es porque la *Gravedad de los cuerpos terrestres* crece y descrece en razon inversa de los quadrados de sus distancias al centro de la tierra, y por consiguiente si se compara el quadrado del simple rádio terrestre con el quadrado del mismo rádio aumentado ó disminuido cien toesas por exemplo, se sacará que sus diferiencias son como infinitamente pequeñas; todo lo qual se puede ver por medio del cálculo con solo el trabajo de formar esta proporcion: La pesantez de un cuerpo puesto en C es á la pesantez del mismo cuerpo puesto en D, como el quadrado del rádio terrestre que termina en D, al quadrado del mismo rádio que finaliza en C.

Suponiendo la distancia C D de 100 toesas, la diferiencia de los dos quadrados y por consiguiente de las dos pesanteces será como una parte de noventa mil, que es una quantidad infinitamente pequeña y necesariamente insensible.

IV.° Asi aunque la Gravedad ó Pesantez de los cuerpos sea una *Potencia realmente variable*, quando obra á distancias notablemente diferentes del centro de la tierra se la puede y debe considerar con Galileo como una *Potencia sensiblemente constante y uniforme* con relacion á las diferentes elevaciones en que podemos observar la caida de los Graves cerca de la superficie de la tierra.

En otro lugar harémos ver que si un Cuerpo pesa mas, baxo de los Polos que baxo del Equador es porque en los Polos está mas cerca del centro de la tierra seis ó siete leguas á lo menos: lo que es una quantidad notable que debe causar una diferiencia sensible asi entre los *Quadrados de las distancias* como entre las Pesanteces que dependen de ellos. (255, y 492.)

PRIMERA PROPOSICION FUNDAMENTAL.

365. *La Gravedad sea la que quiera su naturaleza y su causa, debe ser mirada como una fuerza siempre inherente*

ó siempre aplicada al Móvil, la qual por medio de impulsiones siempre nuevas é iguales le solicita continuamente á acercarse al centro de su movimiento con una velocidad que á cada instante está creciendo.

Demostracion. I.° Si la Gravedad fuese una fuerza extrínseca al Móvil; una fuerza que despues de haberle impreso su impulsion cesase de obrar en él, el Móvil en virtud de la impulsion recibida se moveria con un movimiento uniforme sin aumentar su velocidad. Porque ¿como y por que la aumentaria sino hay causa alguna que obre de nuevo sobre él?

Pero está demostrado por la experiencia que el Móvil aumenta á cada instante su velocidad. Luego la Gravedad no es una causa extrínseca al Móvil, que cese de obrar sobre él despues de haberle impreso su impulso. Luego debe considerarse como una causa siempre unida é inherente al Móvil, la qual por medio de *impulsos no interrumpidos* le imprime á cada instante una nueva velocidad, un nuevo grado de tendencia hácia el centro de su movimiento.

II.° Como la Gravedad es una fuerza real ó equivalentemente *intrínseca é inherente al Móvil*, sea la que quiera la velocidad del Móvil, siempre estará éste sujeto á su accion. Luego qualquiera que sea la velocidad del Móvil sea en la direccion, sea contra la direccion de su gravedad, ésta obra siempre sobre él, y exerce igualmente contra él sus impulsiones que repite sin cesar.

III.° Aunque no podamos valuar el *Número de impulsiones* que hace la Gravedad contra el Móvil durante el primer tiempo determinado de su caida, por exemplo en el *primer segundo*, sin embargo podemos juzgar con seguridad que esta causa constante é invariable en sí misma, intrínseca é inherente al Movil exercerá contra él durante el segundo tiempo de su caida el mismo número de impulsos, que en el primero; y que lo mismo se debe decir del tercero, quarto, quinto y sexto tiempo, &c.

Luego el Móvil en cada tiempo determinado de su

caida, por exemplo en cada Segundo debe recibir de la *accion permanente de la Gravedad* un aumento de movimiento igual al movimiento que adquirió durante el primer ſegundo. Luego si ſola la Gravedad ha hecho correr al Móvil 15 pies durante el primer ſegundo: ella ſola prescindiendo de qualquiera otra cauſa debe hacerle correr en cada ſegundo siguiente 15 pies mas. Luego el Móvil debe avanzarſe hácia el centro de su movimiento con una velocidad siempre creciente durante todo el tiempo de su càida libre por un medio en que no halle resiſtencia alguna, por exemplo en un Vacío perfecto.

SEGUNDA PROPOSICION FUNDAMENTAL.

366. *Los Graves cayendo libremente aceleran su movimiento segun la progresion creciente de los Números impares.*(Fig.27.)

DEMOSTRACION SACADA DE LA EXPERIENCIA.

Preparacion. Sea *un Hilo de metal A B C D* baſtante largo, eſtirado en una direccion obliqüa al horizonte, á lo largo del qual un Móvil M tire á moverſe por ſu gravedad rodando con su poleita A. Sea tambien un Péndulo P acomodado á eſta experiencia, de tal ſuerte que el hilo *x* que detiene al Móvil que eſtá á punto de comenzar su caida detenga tambien el Péndulo que eſtá á punto de comenzar su vibracion; y que cortado el hilo en *x* empiece el Péndulo su vibracion, y el Móvil su caida en un mismo inſtante.

Demostracion. Téngaſe cuidado de obſervar exâctamente el punto del *Hilo de metal*, en donde se hallará el Móvil al fin de cada vibracion igual é iſóchrona.

I.° Se verá que al fin de la primera vibracion el Móvil M habrá corrido un eſpacio como 1, y se hallará en A; que al fin de la ſegunda habrá corrido un eſpacio nuevo tres veces mayor que el primero, y se hallará en B; que al fin de la tercera habrá corrido un nuevo espacio cinco veces mas grande que el primero, y se ha-

llará en C y que al fin de la quarta vibracion el Móvil habrá corrido un nuevo eſpacio siete veces mayor que el primero, y se hallará en D.

II.° Es claro que el *Movimiento acelerado* de eſte Móvil y de otro qualquiera que se le quiera ſubſtituir tiene por cauſa la accion de la Gravedad la qual obra del mismo modo en la caida obliqüa que en la perpendicular: con ſola eſta diferencia que en la caida obliqüa lo largo del Hilo de metal que resiſte perseverantemente á la Gravedad, y la accion de eſta fuerza que en parte se deſtruye hacen correr al Móvil en cada tiempo igual, un eſpacio proporcionalmente menor que el que correria cayendo libremente, en cuyo caſo la Gravedad exerceria siempre toda su accion contra el Móvil.

III.° Segun eſta Experiencia los espacios que corre un Móvil en fuerza de su gravedad en los tiempos ſucesivamente iguales de su caida, crecen ſegun la progresion 1, 3, 5, 7. Luego los Graves que caen libremente aceleran su movimiento ſegun la progresion creciente de los números impares. (L. Q. P. D.)

DEMOSTRACION DEDUCIDA DE LA RAZON.

Explicacion. Los Graves que caen libremente, caminan ó se acercan al centro de su movimiento en virtud de su Gravedad: *luego caen con una velocidad que se acelera segun la progresion creciente de los Números impares.*

No reſta mas que demoſtrar eſta conſeqüencia; y para hacerlo nos valdrémos de la Teoría de Galileo sin recurrir al cálculo del infinito que ſeria mui moleſto para los mas de nueſtros Lectores.

Preparacion. Sea un Triángulo rectángulo qualquiera A B C que pueda aumentarſe al infinito A H M, y cuyo lado A B expreſe un *Segundo* dividido en 1000 instantes iguales, los quales considerarémos como tiempos infinitamente pequeños. (*Fig.* 25.)

Explicacion. I.° Concibamos eſte Triángulo A B C lleno de otras tantas líneas paralelas á la base B C quan-

tos inftantes iguales contiene el fegundo. De fuerte que eftas 1000 líneas crezcan fucesivamente fegun la progresion de los números naturales 0,1,2,3,4,5....999,1000. Como la Gravedad es una *Fuerza constante y uniforme*, real ó equivalentemente inherente é intrínfeca al Móvil (365): éfte en cada uno de los 1000 inftantes iguales que componen cada fegundo debe recibir de la accion de la Gravedad el mismo impulfo ó fuma de impulfos, y asi la accion de la Gravedad fobre el Móvil debe fer la misma en cada inftante igual considerado feparadamente.

II.° Un *Grave que cae libremente* corre en el primer fegundo de su caida un *espacio de* 15 *pies* con un movimiento que se acelera sin cefar, y se aumenta sucesivamente de un inftante fea el que quiera á el inftante siguiente, como los números que exprefan los mil inftantes infinitamente cortos en que dividimos idealmente este primer fegundo.

De modo que el efpacio corrido en el primer instante de efte fegundo ferá como un simple punto; el corrido en el fegundo como una línea de dos puntos; el corrido en el tercero como una de tres; el corrido en el quincentésimo como una línea *b c* de quinientos; el corrido en el milésimo y último inftante de efte fegundo ferá como una línea B C de mil puntos.

III.° Es claro que la línea de quince pies que corrió efte Grave en el primer fegundo de su caida libre puede dividirfe por el penfamiento en eftas mil partes sucesivamente crecientes cuya fuma forma efta línea de quince pies; y fuponer que eftas mil partes fucesivamente crecientes, asi divididas y como cortadas fon tomadas feparadamente y pueftas unas encima de otras en el Triángulo rectángulo A B C cuya fuperficie llenarán y formarán la área.

Tal es el folo poftulado ó hipótesis matemática de que se necesita en el defembolvimiento de la famofa Teoría de Galileo, que es la bafa fundamental de toda la Física moderna, y la que vamos á prefentar y probar en la Demoftracion siguiente.

De-

Demostracion. Supueſtos los preparativos y explicacion preliminar que acabamos de hacer exâminemos y sigamos la accion acumulada de la Gravedad ſobre un Móvil en muchos Segundos de una *Caida libre*; prescindiendo de la resiſtencia de los medios. Empezarémos por la analisis del primer Segundo, con el que se compararán deſpues los Segundos siguientes.

Segundo I. En el inſtante que precede inmediatamente á la caida del Móvil ó en el último inſtante de quietud, la velocidad del Móvil es = 0.

I.° Durante el *primer instante* de la caida la gravedad que empieza á obrar ſobre el Móvil le imprime una velocidad sea la que quiera = 1, que ſerá denotada por la primera línea = 1.

II.° Si al fin del primero inſtante se aniquilaſe ó dexaſe de obrar la Gravedad ſobre el Móvil, éſte continuaria moviéndoſe en el ſegundo inſtante con la velocidad 1 que habia adquirido por la accion de la gravedad durante el primero.

Pero la Gravedad ſubsiſte y obra en el Móvil en el ſegundo inſtante del mismo modo que en el primero. Luego durante el inſtante ſegundo producirá la Gravedad en el Móvil una nueva velocidad igual á la primera. Lüego el Móvil en virtud del movimiento adquirido durante el primer inſtante de su caida tendrá al fin del ſegundo una velocidad como 1, y ademas una nueva velocidad que tambien ſerá como 1, producida por la accion que la Gravedad exerció ſobre él durante el ſegundo inſtante de su caida.

Eſta doble velocidad que tendrá el Móvil al fin del ſegundo inſtante ſerá indicada en el Triángulo por la ſegunda línea = 2.

III.° Si al fin del ſegundo inſtante se aniquilaſe ó dexaſe de obrar la Gravedad en el Móvil, éſte en virtud de su velocidad actual que debe á la impulsion de la Gravedad que antes exîſtia y aora ſuponemos deſtruida, continuaria moviéndoſe uniformemente en la misma direccion con una velocidad = 2, á la que nada resiſte.

Pero la Gravedad permanece y obra en el Móvil en el tercer inſtante igualmente que en el primero y ſegundo: luego el Móvil en fuerza del movimiento que conſervaba al fin del ſegundo inſtante tendrá una velocidad $= 2$, y en virtud de la Gravedad que obra en él durante eſte tercer inſtante una nueva velocidad $= 1$. La ſuma 3 de eſtas velocidades que tendrá el Móvil al fin del tercer inſtante se expreſará en el Triangulo por la tercera línea $= 3$.

IV.° El mismo raciocinio puede hacerſe acerca de los *instantes siguientes* haſta los mil inclusive que componen el primer Segundo de la caida del Móvil.

Y asi el Móvil al fin del *primer Segundo* de su caida habrá adquirido una ſuma creciente de velocidades que ſerán repreſentadas por las 1000 líneas del Triangulo A B C; ó por la ſuma de los números naturales 0, 1, 2, 3, 4, 5, ... 999, 1000.

V.° De eſto se sigue que en los *tiempos infinitamente pequeños* de la caida libre de un Grave, la velocidad se acelera ſegun la progresion creciente de los números naturales 0, 1, 2, 3, 4, 5, y asi progresivamente al infinito.

Sera fácil hacer ver que eſta aceleracion ſegun la progresion de los números naturales en tiempos infinitamente pequeños, da una aceleracion ſegun la progresion de los números impares en tiempos inmenſamente mas grandes como ſon ſegundos y minutos.

Tal es la analisis del primer Segundo en la caida libre de los Graves. Hagamos la de los Segundos siguientes.

Segundo II. Dividamos con el penſamiento eſte Segundo ſegundo como hicimos con el primero, en 1000 inſtantes iguales que consideraremos igualmente como infinitamente pequeños: y asi como hemos expreſado el primer Segundo por la línea A B expreſemos éſte por la línea igual B D del Triángulo rectángulo A D G que vamos igualmente á llenar de líneas paralelas á la baſe D G.

I.° Al fin del primer ſegundo ó de los mil inſtantes, *la velocidad del Móvil* A era $= 1000$ y se expreſaba por la línea B C $= 1000$. Luego si la Gravedad del Móvil

se aniquilase durante los mil instantes que componen este segundo Segundo, el Móvil continuando en moverse uniformemente en virtud de su última velocidad adquirida que no se destruye, correria en los mil instantes de este nuevo segundo mil líneas iguales á la línea B C: las quales llenarian la área del rectángulo B C E D que como se ve es dos veces mayor que el triángulo A B C.

II.° Pero la Gravedad subsiste y obra en el Móvil A durante este *segundo Segundo* del mismo modo que durante el primero. Luego el Móvil en virtud de la Gravedad que siempre le anima, correria igualmente durante este segundo dividido en mil instantes una suma de líneas igual á las mil lineas crecientes del Triángulo A B C: y por consiguiente igual á una suma de líneas crecientes que llenarian la superficie del Triángulo C E G = A B C.

III.° Asi al fin del segundo Segundo la suma de todos los espacios corridos por el Móvil será representada por las mil líneas que llenarian el rectángulo B C E D, y por otras mil que llenarian el Triángulo adyacente C E G.

Es asi que la suma de estas líneas B C G D es tres veces mayor que la suma de las lineas A B C: Luego la velocidad del Móvil durante el segundo Segundo será tres veces mayor que su velocidad durante el primer segundo de su caida; pues que siendo iguales los tiempos, las velocidades son como los espacios corridos (265), y las líneas que llenarian el espacio B E D, B E C, B E G exceden evidentemente el triplo á las líneas que llenarian el espacio A B C.

Luego la *velocidad del Móvil* durante el primer Segundo es á la velocidad del mismo durante el segundo Segundo como A B C es á B C G D, ó como 1 es á 3.

SEGUNDO III.° Dividamos tambien este *tercer Segundo* en mil instantes iguales, lo qual expresarémos por D H = A B.

I.° Al fin del segundo Segundo *la última velocidad del Móvil* que corresponde al último instante, era como D E + E G, ó 1000 + 1000; luego si la Gravedad del Mó-

vil se aniquilase mientras durase todo este tercer Segundo, el Móvil solamente en virtud de su velocidad adquirida correria mil líneas que llenarian la superficie del Paralelogramo rectángulo D G K H, el qual contiene quatro Triángulos iguales al triángulo A B C.

II.° Pero la Gravedad subsiste y obra en el Móvil en este *tercer Segundo* del mismo modo que en el precedente. Luego el Móvil en virtud de su Gravedad correria igualmente una suma de líneas que llenaria el Triángulo G K M. Luego al fin de este tercer Segundo la velocidad del Móvil que expresan los cinco Triangulos comprendidos entre D G M H será cinco veces mayor que al fin del primer Segundo, quando se denotaba por el triángulo A B C.

Luego la velocidad del Móvil en los tres segundos que acabamos de analizar será como 1, 3, 5, creciendo de un segundo á otro segun la progresion de los números impares.

Segundo IV.° Se puede demostrar por la misma teoría que á cada *nuevo Segundo siguiente* debe aumentarse la velocidad del Móvil segun la progresion dicha. Porque prolongados al infinito los lados A B y A C del Triángulo se concibe que al fin de cada segundo los Paralelogramos que se describirian en fuerza de las últimas velocidades adquiridas B C D G H M serian entre sí como 2, 4, 6, y asi progresivamente, y que la Gravedad que siempre subsiste y obra en el Móvil debe haber aumentado al fin de cada nuevo Segundo el Paralelogramo correspondiente una quantidad igual al primer Triángulo A B C.

Luego las velocidades totales del Móvil comparadas unas con otras estarán entre sí al fin de cada segundo como la progresion creciente de los números impares 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, &c.

Luego el Movimiento de los Graves prescindiendo de la resistencia de los Medios, debe acelerarse de un Segundo á otro segun la progresion creciente de los Números impares. (L. Q. P. D.)

OBJECCIONES Y RESPUESTAS.

367. Objeccion I. No es cierto que la Gravedad ſea una fuerza intrínſeca é inherente al Móvil, pues muy bien puede tener por cauſa la Impulsion extrínſeca de una materia diſtinta del cuerpo gravitante. Luego la teoría que se acaba de exponer y demoſtrar, y que ſupone que la Gravedad es intrínſeca é inherente al Móvil se funda en una ſuposicion incierta y ſobre un fundamento ruinoſo.

Respuesta. I.° Qualquiera que ſea la naturaleza y cauſa de la Gravedad eſtá demoſtrado por la experiencia que eſta fuerza obra uniforme y perſeverantemente en el Móvil como si fueſe intrínſeca é inherente. Luego eſta fuerza en la teoría de su accion puede mirarſe como si fueſe intrínſeca é inherente al Móvil pueſto que ó ya se la ſuponga intrínſeca ó ya extrínſeca al Móvil, ſus efectos que todo el mundo conoce ſon los mismos.

Luego la teoría que acabamos de dar no ſupone nada incierto ſobre la cauſa de la Gravedad, de la qual hemos prescindido no atendiendo únicamente sino á ſus efectos.

II.° En otro lugar demoſtrarémos que la *Gravedad de los Cuerpos* no tiene por cauſa ni la impulsion de la materia etérea de los Cartesianos ni la impulsion de alguna otra materia ſea la que quiera, sino que éſta es una propiedad inherente á la naturaleza de los cuerpos y afecta á su propia ſubſtancia en conſeqüencia de la Ley *general de Atraccion* que impele á todos los cuerpos á moverſe sin ceſar unos hácia otros. (808.)

Luego considerando la Gravedad como una fuerza real ó equivalentemente intrínſeca al Móvil, nada ſuponemos de incierto, ni edificamos ſobre cimiento ruinoſo.

368. Objeccion II. Segun la Teoría eſtablecida el movimiento acelerado de un Móvil crece como la progresion aritmética de los Números naturales 1, 2, 3, 4, 5, 6, de un inſtante á otro en unos tiempos que se consideran como infinitamente pequeños. ¿Pues porque eſte movimien-

to acelerado crece en una progresion enteramente diferente 1, 3, 5, 7, 9, de un Segundo á otro, de un minuto á otro?

Respuesta. La Gravedad ó Pesantez es una fuerza que siempre subsiste y obra, cuyos impulsos se repiten sin cesar contra el Móvil, y cuyo efecto siempre se va aumentando de un instante infinitamente pequeño á otro tambien infinitamente pequeño.

I.° Es necesario pues para valuar la accion total de la Gravedad tener cuenta con todos los *impulsos sucesivos* que aceleran la velocidad de un instante á otro, y para esto es preciso dividir el tiempo en instantes tan cortos que se pueda considerar el impulso de la Gravedad *como único* en cada instante separado.

En estos términos es como hemos supuesto y considerado los mil instantes de un Segundo, á saber como instantes bastante cortos para que la velocidad que corresponde á cada instante de por sí, no sea precisamente mas que la velocidad del último instante precedente aumentada con la velocidad producida por un solo y único impulso durante el instante actual.

II.° Hay pues en esta Teoría un cálculo doble de velocidad acelerada. El uno tiene por objeto el acrecentamiento de velocidad en *cada instante infinitamente pequeño*, el qual acrecentamiento expresan las líneas paralelas, quales son las del triángulo A B C que se aumentan segun la progresion de los números naturales. El otro tiene por objeto el acrecentamiento de velocidad en una *suma notable de instantes infinitamente pequeños*, y este acrecentamiento denotan las superficies ABC, BCGD, DGMH, que se aumentan evidentemente segun la progresion de los números impares.

Estimando el acrecentamiento de velocidad segun la progresion de los Números naturales en *tiempos infinitamente pequeños*, se tiene la suma entera de todos los acrecentamientos, y el cálculo es exâcto.

Pero estimando del mismo modo el acrecentamiento de velocidad en tiempos notablemente largos por exem-

plo *en Segundos*, no se tendria el acrecentamiento de velocidad que hay desde un inſtante a otro durante cada ſegundo, y el cálculo ſaldria errado. Es neceſario pues eſtimar la velocidad de diferente modo en los tiempos infinitamente pequeños que en los tiempos notablemente largos.

369. Objeccion III. Segun la misma Teoría que se acaba de dar, la velocidad no se acelera de un Segundo á otro sino ſegun la progresion de los *Números naturales*, pues al fin de tres Segundos ſucesivos las velocidades adquiridas ſon como las líneas B C, D G, H M, que ſon entre sí como 1, 2, 3.

Respuesta. La línea B C no expreſa toda la velocidad del primer Segundo, pues éſta se repreſenta por todas las líneas paralelas del Triangulo A B C. Tampoco la línea D G expreſa toda la velocidad del ſegundo Segundo, pues éſta se expreſa por todas las líneas que llenarian el Trapecio B C G D.

Las *últimas Velocidades* de los tiempos infinitamente pequeños que terminan cada Segundo crecen entre sí como los Números naturales. Pero la *Suma de velocidades* de cada Segundo crece de un Segundo á otro como los números impares.

Objeccion IV. Muchos Físicos excelentes han hecho experiencias en grande acerca del *Movimiento acelerado de los Cuerpos* dexándoles caer de diferentes alturas, y comparando los Eſpacios corridos por ellos con el número de Segundos que tardaban en caer; y nunca ha convenido la experiencia con la Teoría de Galileo. Luego eſta Teoría como opueſta á la experiencia no debe admitirſe en la Física.

Respuesta. Las experiencias hechas por los mejores Físicos concuerdan perfectamente con la Teoría de Galileo, quando los tiempos de la caida ſon mui cortos, y los eſpacios corridos mui pequeños.

En las experiencias hechas en eſpacios y tiempos considerablemente mayores, si los espacios corridos ſon menores en realidad de lo que deberian ser ſegun la Teoría

de Galileo, efte defecto se debe atribuir á la *Resistencia de los Medios*, la qual creciendo como el quadrado de la velocidad debe fer mui grande, quando la velocidad se haya aumentado notablemente.

Y se debe tener prefente que la Teoría de Galileo prefcinde de efta resiftencia de Medios; pues en ella se consideran los Cuerpos en su caida libre; ó los cuerpos quando caen en un puro espacio, en un Medio en que nada se opone á su movimiento en un Vacío perfecto.

VARIOS COROLARIOS SOBRE ESTE OBJETO.

371. COROLARIO I. *Quando un Cuerpo dexado á su Gravedad cae libremente en muchos tiempos iguales por exemplo en muchos Segundos, los espacios corridos por éste son al fin de cada tiempo como los quadrados de los tiempos.*

DEMOSTRACION. Segun la Teoría que acabamos de exponer y demoftrar, el efpacio corrido al fin del primer tiempo es $= 1$, quadrado de 1; el efpacio corrido al fin del fegundo es $1 + 3 = 4$, quadrado de 2: el efpacio corrido al fin del tercero es $1 + 3 + 5 = 9$, quadrado de 3: el efpacio corrido al fin del quarto es $1 + 3 + 5 + 7 = 16$, quadrado de 4: el efpacio corrido al fin del quinto tiempo feria $1 + 3 + 5 + 7 + 9 = 25$, quadrado de 5: y lo mismo se puede decir de los tiempos siguientes.

Luego quando un Grave cae libremente en muchos tiempos iguales y conocidos, se halla la *Suma precisa de los espacios corridos* tomando el quadrado de los tiempos que tardó en su caida. Por exemplo

Como los Cuerpos corren una Pertica Inglefa en el primer Segundo de su caida libre (364); si un cuerpo tardó en caer 10 fegundos, el quadrado de 10 que es 100 dará la altura de cien perticas Inglefas de donde ha caido efte cuerpo en eftos diez segundos. (L. Q. P. D.)

372. NOTA. Dividiendo un Segundo en quatro porciones iguales que ferán de 15 Tercias cada una, se hallará que los *Cuerpos que corren* 16 *pies de Inglaterra du-*

durante el primer Segundo de su caida libre, correrán 1 pie en el primer quarto, 3 en el segundo, 5 en el tercero, 7 en el quarto quarto de este Segundo, pues que su movimiento se acelera de una porcion á otra de un Segundo, como de un Segundo á otro, ſegun la progresion de los números impares. Pues 1 + 3 + 5 + 7 = 16.

373. Corolario II. *Un Cuerpo que cae libremente de una altura qualquiera que sea, ha adquirido al fin de su caida una velocidad en virtud de la qual, si su direccion se hiciese retrógada, volveria á subir precisamente á la misma altura de donde ha caido.* (Fig. 26.)

Demostracion. Supongamos que caiga un Cuerpo A durante dos Segundos, cada uno de los quales dividirémos en 1000 inſtantes iguales, correrá dos espacios de los quales el uno ſerá denotado por el Triángulo A B D, y el otro por el Trapecio B D F C (366). La última Velocidad de eſte cuerpo en el último inſtante de su caida ſerá = C F.

1.° Si eſta última velocidad C F hecha retrógada fueſe conſtante y duraſe todo un Segundo ó 1000 inſtantes, el Móvil retrógado A en virtud de eſta velocidad conſtante correria en eſtos 1000 inſtantes 1000 líneas iguales á C F, ó un número de líneas que llenarian la ſuperficie entera del Paralelogramo F C B G. Y asi el Móvil llegaria en un Segundo á la misma altura de donde cayó en dos; pues que el Paralelogramo F C B G que expreſaria la velocidad total del Móvil retrógado durante un Segundo es igual al Triángulo A F C, que expreſa la velocidad total del Móvil durante dos.

Pero el Móvil retrógado tiene su Gravedad, la qual retarda su velocidad al tiempo de ſubir como la aceleró al tiempo de baxar; pues eſta fuerza siempre inherente al Móvil debe obrar continuamente en él en iguales términos. Supongamos su última velocidad C F = 2000: eſta velocidad retrógada luchando continuamente contra la accion permanente y opueſta de la Gravedad, deſcrecerá ſegun la progresion de los Números naturales durante los 1000 inſtantes iguales del primer Segundo, y ſerá

fucesivamente 2000 — 1, 2000 — 2, 2000 — 3, 2000 — 4... 2000 — 999, 2000 — 1000.

Luego el Móvil que va fubiendo habrá corrido al fin del primer Segundo no un efpacio proporcional al Paralelogramo C F G B, sino simplemente un efpacio proporcional al Trapecio B D F C.

II.° Al fin del primer Segundo el Móvil que va fubiendo tiene por *última Velocidad* B D = 1000. Si efta última velocidad fuefe conftante y durafe 1000 inftantes, el Móvil retrógado A en virtud de efta última velocidad correria 1000 líneas iguales á B D, ó un número de líneas que llenarian la área del paralelogramo B D E A.

Pero el Móvil retrógado es retardado sin cefar por su Gravedad. Luego su última velocidad B D = 1000 ferá durante los 1000 inftantes de efte segundo Segundo 1000 — 1, 1000 — 2, 1000 — 3, 1000 — 4,.... 1000 — 999, 1000 — 1000 = o, que ferá el eftado de quietud.

Luego el Móvil al fubir habrá corrido durante el segundo Segundo no un efpacio proporcional al paralelogramo B D E A, sino simplemente un espacio proporcional al triángulo A D B.

III.° Fácilmente se comprehende que se verificaria la misma Teoría y Demoftracion, si el Móvil cayefe durante un número mayor de Segundos.

Luego un Móvil que cae libremente en virtud de su Gravedad ha adquirido al fin de su caida una velocidad, que si se hiciera retrógrada le fubiria precifamente á la misma altura desde donde ha empezado á caer. (L.Q.P.D.)

374. Nota I. Un Móvil que cayó libremente en virtud de su Gravedad no ha corrido al fin de su caida mas que la *mitad del espacio* que correria, si durante todo el tiempo de su caida se hubiefe movido con la misma velocidad que tiene quando acaba de caer.

Porque si durante todo el tiempo de su caida se hubiefe movido con su última velocidad C F, hubiera corrido un espacio proporcional al Paralelogramo A C F M, en vez de un efpacio proporcional al Triángulo A F C,

que es el que ha corrido, y que no es sino la mitad del Paralelogramo. (*Fig.* 26.)

375. Nota II. Si un Móvil perfectamente eláſtico cae perpendicularmente con un movimiento acelerado ſobre un plano perfectamente duro ó perfectamente eláſtico, eſte Móvil en virtud de la percusion hecha por la última velocidad debe recibir un *Movimiento retrógrado* que le haga ſubir haſta el mismo punto de donde ha baxado, pues que la reaccion igual y opueſta á la accion (327) hace retrógada su última velocidad, y eſta velocidad hecha retrógada debe ſubirle al mismo punto de elevacion desde donde ha empezado á caer. (373.)

I.° Supongamos primeramente que eſte Móvil cae durante un ſolo ſegundo, su última velocidad B D hecha retrógrada por la reaccion le hará correr retrocediendo el triángulo B D A. (*Fig.* 26.)

Supongamos que caiga deſpues el mismo Móvil durante dos Segundos, su última velocidad C F hecha retrógrada por la reaccion le hará correr el triángulo A F C quádruplo del triángulo A D B.

Por consiguiente las dos velocidades B D y C F que ſon entre sí como 1 es á 2, producen dos efectos que ſon entre sí como 1 es á 4.

II.° ¿Se infiere de eſto que las diverſas Fuerzas motrices de un mismo Cuerpo deben eſtimarſe por los quadrados de las velocidades?

Eſto es renovar la frívola qüeſtion de las fuerzas vivas y muertas ſobre cuyo fondo eſtá todo el mundo conforme, como lo hemos explicado en otra parte. (281.)

376. Corolario III. *La Velocidad se disminuye tanto en un Móvil que sube, como se aumenta en uno que baxa, segun la progresion de los Números impares.* (*Fig.* 26.)

Explicacion. Un Móvil que empieza á ſubir con una velocidad C F ha perdido al fin del primer ſegundo una quantidad de velocidad proporcional al triángulo D F G; al fin del ſegundo Segundo una nueva quantidad de velocidad proporcional al Trapecio A D G M A tres veces mayor que el triángulo D F G. Por consiguiente

Como un Móvil con su movimiento acelerado durante los Segundos succesivos de su caida corre 1, 3, 5, 7, 9 perticas inglesas:

Este mismo Móvil comenzando á subir con un movimiento que le haga correr 10 perticas inglesas en un segundo, correrá en los cinco segundos succesivos de su movimiento retardado 9, 7, 5, 3, 1 perticas inglesas.

377. COROLARIO IV. *La Velocidad de un Grave que cae fuera del Vacío y á Aire libre, despues de acelerarse por un cierto tiempo se hace en fin sensiblemente constante y uniforme.*

DEMOSTRACION. I.° La Experiencia comprueba la verdad de este Corolario. Desagulliers hizo caer de lo alto de la cúpula de San Pablo de Lóndres desde una elevacion de 272 pies de Inglaterra varios *Globos de plomo* como de dos pulgadas de diámetro, y su caida se acabó á los quatro segundos y un quarto. (249.)

Sobre lo qual raciocino asi: Si la velocidad de estos Globos se hubiese acelerado constantemente segun la ley fundamental que hemos demostrado (366), su caida hubiera durado menos tiempo; porque corriendo los Cuerpos en el primer segundo de su caida diez y seis pies de Inglaterra que son de los que aqui hablamos, estos Globos deberian haber corrido en quatro segundos y un quarto 16+48+80+112 +33, que son 289 pies.

Luego si estos Globos hubiesen acelerado su movimiento sin obstáculo alguno hubieran andado unos 17 pies mas. Luego su velocidad se ha disminuido y el cuerpo se ha retardado por la resistencia de los obstáculos: luego su velocidad creciente hubiera llegado á un punto en que la resistencia de los obstáculos le hubiera impedido crecer mas.

II.° La verdad de este Corolario se comprueba tambien por el raciocinio. El motivo de acelerarse el *Movimiento de los Graves*, es porque la Gravedad mediante sus impulsos continuamente repetidos añade sin cesar una nueva velocidad á la ya anteriormente adquirida. Luego el movimiento de los Graves deberá dexar de acelerarse

quando el efecto de los impulſos de la Gravedad ſea deſtruido por la reſiſtencia del aire enmedio del que caen.

Es asi que la *Resistencia del aire* debe en fin deſtruir el efecto de las impulsiones que la Gravedad imprime continuamente al Móvil, porque la Gravedad es una fuerza conſtante que nunca se aumenta, y por el contrario la reſiſtencia del aire es una fuerza variable que se aumenta como el *quadrado de la velocidad* del Móvil que le atravieſa (302); y bien claro eſtá que una fuerza siempre creciente aunque menor, debe en fin igualar á otra siempre conſtante aunque al principio mayor: luego un Móvil que cae en el aire debe llegar á tener despues de un cierto tiempo de aceleracion una *Velocidad sensiblemente uniforme*, ó cuya aceleracion infinitamente pequeña ſea ſensiblemente nula. (L.Q.P.D.)

378. Problema. *Estimar sobre poco mas ó menos la resistencia que opone el aire á un Móvil en los diferentes tiempos de su caida.*

Solucion. Tomemos por exemplo uno de los Globos de plomo de que acabamos de hablar. Eſte globo hubiera corrido 17 pies mas (377), sino se le hubiera opueſto la reſiſtencia del aire.

I.° Supongamos que la velocidad de eſte globo de plomo haya sido retardada por la reſiſtencia del aire una quantidad igual á dos pulgadas durante el *primer Segundo* de su caida.

En el *segundo Segundo* su velocidad 3 veces mayor habrá experimentado una reſiſtencia proporcional al quadrado de 3 que es 9: Y el Móvil habrá sido retardado en su velocidad 9 veces dos pulgadas ó 18 pulgadas (302).

En el *tercer Segundo* su velocidad 5 veces mayor habrá experimentado una reſiſtencia proporcional al quadrado de 5 que es 25: el Móvil se habrá pues retardado en su velocidad 25 veces dos pulgadas ó 50 pulgadas.

En el *quarto Segundo* su velocidad 7 veces mayor habrá experimentado una reſiſtencia proporcional al qua-

drado de 7 que es 49: el Móvil se habrá pues retardado en su velocidad 49 veces dos pulgadas que son 98 pulgadas.

En el quarto del *quinto Segundo* la resistencia siempre proporcional al quadrado de la velocidad 9 veces mayor habrá ocasionado una retardacion de 33 pulgadas.

La suma de todas estas pulgadas compone 18 pies que corresponden sobre poco mas ó menos á la resistencia total que el aire ha opuesto al Móvil.

II.° Por un método semejante se estimará la resistencia que opone el aire á otros móviles que tengan mas ó menos velocidad cayendo á aire libre, comparando el espacio que hubieran debido correr con el espacio menor que han andado.

Por exemplo, si el globo de que hablamos hubiese sido retardado 34 pies en lugar de 17 se le hubieran dado 4 pulgadas de retardacion al primer Segundo en lugar de dos, y asi en los demas Segundos siguientes.

III.° Suponiendo una *pulgada de retardacion* en el primer Segundo hay un pie de mas: supóngase la retardacion de este primer Segundo igual á once lineas y dos tercios, resultarán 17 pies con corta diferiencia.

PARRAFO SEGUNDO.

PRINCIPIOS FISICOS DE LA BALISTICA.

379. Definicion I. La *Balística* es una ciencia que tiene por objeto la *Proyeccion de los Graves* como de las bombas ó balas.

Ademas de sus Principios matemáticos tiene la Balística sus Principios físicos fundados en la teoría del Movimiento compuesto, y del Movimiento acelerado y retardado.

380. Definicion II. La *Parábola* es una curva A B C D E F descripta en virtud de la accion de dos fuerzas

conspirantes, de las quales la una es siempre constante, y la otra descrece continuamente segun la progresion de los números impares. (*Math.* 739 y 766.) He aqui una nocion de esta línea, suficiente para la materia de que tratamos. (*Fig.* 32 y 33.)

I.° Sea una línea indefinida A P dirigida hácia el centro de las Fuerzas conspirantes que es el *Exe* de la Parábola. A es su *Vértice*; H B, M C, N D son sus *Ordenadas*; A H, A M, A N son sus *Abscisas*.

II.° Si sobre este Exe A P se elevan una infinidad de paralelas de longitud desigual, perpendiculares ú obliqüas al Exe, de suerte que los quadrados de ellas H B, M C, N D que se llaman *Ordenadas* sean entre sí como las secciones correspondientes del exe A H, A M, A N que se llaman *Abscisas*, la Curva que pase por el vértice A, y las extremidades B, C, D, E, F de todas las ordenadas será una *Parábola*.

III.° Se ve fácilmente en las dos Parábolas que representamos en las figuras indicadas, como los quadrados de las ordenadas son entre sí como las abscisas correspondientes. Porque

La ordenada H B = 1: su quadrado será = 1.
La ordenada M C = 2: su quadrado será = 4.
La ordenada N D = 3: su quadrado será = 9.
La ordenada O E = 4: su quadrado será = 16.
La ordenada P F = 5: su quadrado será = 25.

Las abscisas correspondientes tendrán tambien la misma relacion entre sí. Porque,

La abscisa A H será 1, ... = 1.
La abscisa A M será 1 + 3 . . . . = 4.
La abscisa A N será 1 + 3 + 5 . . . . . . = 9.
La abscisa A O será 1 + 3 + 5 + 7 . . . = 16.
La abscisa A P será 1 + 3 + 5 + 7 + 9 . = 25.

PROPOSICION I.

381. *Los Graves despedidos en una direccion paralela al horizonte describen una parábola.* (Fig. 32.)

Demostracion. Un Móvil A despedido de un Cañon en una direccion horizontal A R tiene un movimiento doble, á ſaber un *movimiento horizontal* que le da la pólvora inflamada, y otro *central* que le da su gravedad. Prescindamos por aora de la reſiſtencia del aire, y consideremos eſtos dos movimientos como que se executan en un vacío perfecto.

I.º Si los dos movimientos que lleva el Móvil permaneciesen siempre conſtantes y uniformes conſervando la misma relacion entre sí, el Móvil obedeciendo á eſtas dos fuerzas conſtantes correria la diagonal rectilínea A X de un paralelogramo conſtruido ſobre la direccion y relacion de las dos fuerzas A *a*, y A H. (345.)

Pero el movimiento horizontal es un movimiento conſtante y uniforme que no se acelera, al paſo que el movimiento central es un movimiento variable que se acelera de un momento á otro ſegun la progresion de los números impares. Entregado pues el Móvil á eſtos dos movimientos cuya relacion se muda á cada inſtante no describirá la diagonal rectilínea A X.

II.º Supongamos el Móvil A deſpedido horizontalmente en qualquiera direccion, por exemplo de occidente á oriente en el plano de un círculo que paſa por el zenit del punto A, y por el centro de la tierra. *Plano de un círculo* es el que forman las dos ſuperficies planas y sin profundidad de un círculo.

Es evidente que el Móvil puede caminar de occidente á oriente en el plano de eſte círculo en virtud de su fuerza proyectil, y que en virtud de su fuerza centrípeta puede baxar en el mismo plano hácia el centro de la tierra. Pero el Móvil no puede ſalir fuera del plano de eſte círculo apartándoſe hácia el mediodia ó norte; porque no es movido por fuerza alguna que le impela en eſtas direcciones fuera del Plano en que ha empezado á moverſe. Será pues siempre la *direccion del Móvil* dentro del mismo plano, y lo que reſta es ſeguir las inflexîones que debe tomar ſucesivamente su movimiento en el plano en que ha empezado.

III.º

III.° Supongamos que el Movimiento proyectil A *a* en línea horizontal debe hacer andar al Móvil quatro perticas inglesas de occidente á oriente en el primer Segundo. Este Movimiento proyectil A *a*, B *b*, C *c*, D *d*, E *e* será en cada Segundo siguiente igual á quatro perticas inglesas.

Pero siendo el Movimiento centrípeto A H que impele al Móvil hácia el centro de la tierra igual á una pertica inglesa en el primer Segundo, será sucesivamente en los Segundos siguientes igual á 3, á 5, á 7, á 9, ... á 39, á 41 á 43 perticas inglesas, y en la misma proporcion en los demas segundos, si la altura de donde se despide el Móvil fuera inmensa.

Asi pues en el *primer Segundo* el Móvil A impelido por una fuerza proyectil A $a = 4$, y por otra centrípeta $= 1$, correrá la diagonal A B de un paralelogramo construido sobre la direccion y relacion de estas dos fuerzas.

En el *segundo Segundo* impelido por la fuerza proyectil B $b = 4$, y por la centrípeta $= 3$ correrá la diagonal B C de un nuevo paralelogramo construido sobre la direccion y nueva relacion de estas dos fuerzas.

En el *tercer Segundo* impelido por una fuerza proyectil C $c = 4$, y por otra centrípeta $= 5$, correrá la diagonal C D de un nuevo paralelogramo construido sobre la direccion y nueva relacion de estas dos fuerzas.

En el *quarto Segundo* impelido el mismo Móvil por una fuerza proyectil D $d = 4$, y otra centrípeta $= 7$, correrá la diagonal D E de un nuevo paralelogramo construido sobre la direccion y nueva relacion de las dos fuerzas que le mueven; y asi en los demas Segundos.

Es asi que la línea A B C D E F que corre el Móvil es una Parábola, pues que los quadrados de las ordenadas H B, M C, N D, O E, P F son entre sí como las abscisas correspondientes. Luego el Móvil que se mueve por la extremidad de todas estas líneas describe una Parábola. (L. Q. P. D.)

382. Nota. Una *Piedra* que se arroja horizontalmente por una ventana, un *Chorro* de agua que brota con

fuerza en una direccion paralela al horizonte, describen la *misma especie de Curva.* Si la Fuerza proyectil excede al principio á la centrípeta en estos cuerpos, esta última que se aumenta continuamente segun la progresion de los números impares, llega bien pronto á igualar y despues á exceder á la primera que permanece constante. (*Fig.* 32.)

I.° La *Resistencia del aire* que disminuye continuamente la velocidad del Móvil no le impide describir una verdadera parábola, porque no teniendo á cada instante mas que un solo movimiento producido por dos fuerzas conspirantes, la resistencia del aire disminuye proporcionalmente el efecto de ambas.

Asi el Móvil que en un Vacío perfecto se hallaria en C al fin del segundo Segundo estará á causa de la resistencia del aire en un punto entre B y C, pero siempre en una línea parabólica B C, y lo mismo sucederá proporcionalmente en los Segundos siguientes.

II.° Aunque el camino A B, B C, C D, D E del Móvil sea rectilíneo en la figura es realmente curvilíneo en sí mismo, porque haciéndose cada vez mayor la Fuerza centrípeta al paso que la proyectil permanece constante, las cortas porciones de estas diagonales A B, B C, C D, D E deben inclinarse á cada instante y doblarse hácia el lado de la fuerza que se va haciendo á cada instante mayor.

Si el Móvil en lugar de baxar subiese en la direccion F E D C B A, estas diagonales se inclinarian á cada punto hácia el lado de la fuerza que permanece constante, al paso que la otra se disminuye.

Proposicion II.

383. *Los Graves arrojados en una direccion descendente obliqüa al horizonte describen una Parábola.* (Fig. 33.)

Demostracion. Sea un globo A arrojado de lo alto de un muro ó de una roca mui elevada en la direccion A Z obliqüa al horizonte, de suerte que en virtud

de ſola su Fuerza proyectil debieſe andar en cada Segundo una quantidad conſtante de espacio acercándose al centro de la Tierra, y á un punto del horizonte.

Segun la teoría que hemos expueſto y demoſtrado en la proposicion precedente, el Móvil A impelido por su fuerza proyectil A *a* y por su fuerza centrípeta A H describirá la diagonal A B en el *primer Segundo* de su caida.

En el *segundo* describirá la diagonal B C, en el *tercero* la diagonal C D, é igualmente en los Segundos siguientes las siguientes diagonales.

La Curva que forman eſtas diagonales igualmente que la de que hablamos en la proposicion precedente, es una Parábola. Luego eſte Móvil y de consiguiente todos los demas Graves arrojados en una direccion descendente obliqua al horizonte, describen una parábola. (L. Q. P. D.)

PROPOSICION III.

384. *Los Graves arrojados en una direccion ascendente obliqua al horizonte describen una Parábola doble.* (Fig. 32.)

Demostracion. Sea el Móvil F una bomba ó bala de cañon ó fusil tirada desde el punto F en una direccion F E que es en parte horizontal F *f*, y en parte vertical F *e*. El Movimiento horizontal F *f* permanece conſtante y uniforme, porque no hay cauſa alguna que le aumente ni disminuya. Pero el vertical F *e* descrece continuamente ſegun la progresion de los números impares, porque lucha contra la gravedad del Móvil. (376.)

I.° Supongamos que el Móvil F empieza á ſubir con un movimiento vertical capaz de hacerle ſubir hácia el Zenit 10 perticas por Segundo.

En el *primer Segundo* ſubirá 10 perticas menos 1 y llegará á E: en el *segundo* ſubirá 10 menos 3 y llegará á D: en el *tercero* ſubirá 10 menos 5 y llegará á C; en el *quarto* ſubirá 10 menos 7 y llegará á B: y en el *quinto* subirá 10 perticas menos 9 y llegará á A.

En el *sexto Segundo* el Móvil deberia ſubir 10 perticas menos 11. Y asi en lugar de ſubir baxará una perti-

ca y llegará á S, despues 3 á T, despues 5, 7, 9 perticas llegando á V, Y, Z, como hemos explicado y demostrado en la primera de estas tres proposiciones.

Esta *Curva doble* es siempre y por todas partes Parabólica porque la fuerza horizontal siempre constante y uniforme lleva y retiene sucesivamente el Móvil á la extremidad de infinitas Ordenadas, cuyos quadrados son siempre entre sí como las Abscisas correspondientes.

II.° Si el Móvil empezara á moverse con un movimiento vertical mas ó menos grande que el que le hemos supuesto, llegaria en mas ó menos tiempo á su mayor elevacion, y el exe A P de su curva estaria mas ó menos distante del punto de proyeccion F.

Pero los quadrados de las ordenadas á este exe serian siempre como las abscisas correspondientes, y el Móvil llevado por las dos fuerzas que le impelen describiria en todo caso una línea parabólica asi al subir como al baxar.

Luego los Graves tirados de abaxo arriba en una direccion obliqüa al horizonte describen una parábola doble. (L. Q. P. D.)

385. Nota. La *Parábola* es una curva que no vuelve sobre sí misma como el círculo, pues que desde su vértice A se va apartando uniformemente al infinito de su exe A P.

En la Teoría del tiro de las bombas se llama *Amplitud del tiro ó Amplitud de la Parábola* la línea horizontal F P Z que está entre el punto de donde se tira, y el punto en donde cae el Móvil.

Consta por la experiencia y la teoría que la amplitud del tiro es la mayor que es posible con una misma Fuerza impulsiva, quando la direccion del mortero ó del cañon que despiden el Móvil hace un *ángulo de 45 grados* con el horizonte, y que la mitad de esta amplitud es igual á la altura vertical adonde llegaria el Móvil si se le tirase perpendicularmente hácia el zenit.

Quando la direccion del mortero forma un ángulo mayor ó menor se disminuye la amplitud del tiro. (*Math.* 743.)

PROBLEMA I.

386. *Dado el tiempo que se ha pasado desde la proyeccion de un Grave hasta su caida, determinar á que altura ha subido.* (Fig. 32.)

SOLUCION. Sea una bomba ó bala de cañon ó fusil tiradas de abaxo arriba en una direccion perpendicular ú obliqüa al horizonte, y supongamos que desde el instante de la erupcion de la pólvora inflamada hasta el instante en que el Móvil llega al fin de su caida en el mismo horizonte en que ha empezado se hayan pasado veinte segundos.

I.° El movimiento de los Graves se retarda al subir otro tanto como se acelera al baxar (376). Luego el Móvil habrá tardado diez segundos en subir, y otros diez en baxar. El punto desde donde empieza á baxar es su mayor altura.

II.° Los espacios andados por un Grave que baxa, son como los quadrados de los tiempos (371), y los Graves que caen libremente en una direccion obliqüa ó perpendicular al horizonte corren acercándose al centro de la tierra en virtud de su gravedad una pertica Inglesa en el primer Segundo de su caida. Luego al cabo de diez Segundos baxando el Móvil perpendicular ú obliqüamente al horizonte, habrá andado acercándose al centro de la Tierra un número de perticas Inglesas, que será expresado por el quadrado de 10 que es 100. Luego el Móvil ha caido de una altura de 100 perticas Inglesas. Y esta es la altura á que habia subido.

Prescindimos aqui de la resistencia del aire que ocasiona alguna retardacion al Móvil, y que se debia rebajar de la altura hallada. En otro lugar hemos explicado ya como se puede valúar con corta diferiencia esta resistencia del aire (378).

III.° Si desde el instante en que se encendió la pólvora hasta el punto en que el Móvil acabó de caer se pasaron mas ó menos segundos que en el exemplo que

hemos pueſto, el Móvil habrá gaſtado la mitad de eſte tiempo en subir y la otra mitad en bajar.

Sea eſte tiempo igual á 15 ſegundos: el Móvil habrá tardado en caer 7 ſegundos y medio, cuyo quadrado se ha de buscar. El quadrado de 7 mas la mitad de la diferiencia entre los quadrados de 7 y de 8, menos los tres quadrados de una pertica Ingleſa que hubieran sido la aceleracion propia del medio Segundo (372) expreſarán la altura que se busca, que ſerá $49+7+\frac{1}{2}-\frac{1}{4}=56+\frac{1}{4}$ perticas Ingleſas.

387. Nota I. Quando decimos que los espacios corridos por el Móvil al fin de cada tiempo ſon *como los quadrados de los tiempos*, ſolo hablamos de los espacios andados verticalmente.

Un Móvil que cae en direccion obliqüa al horizonte en virtud de una fuerza central y de otra horizontal anda mas espacio que si cayeſe perpendicularmente en virtud de ſola su gravedad, porque es impelido por dos *Fuerzas conspirantes*, cada una de las quales produce todo su efecto llevándole por una diagonal mas larga que qualquiera de ſus dos lados (348).

Pero el *Espacio vertical* de que aqui se trata es siempre como el quadrado de los tiempos, ſea que el Móvil caiga perpendicular, ſea que caiga obliqüamente de la mayor altura á donde le ha elevado la fuerza proyectil.

388. Nota II. Aunque los espacios verticales andados por un Grave que cae libremente ſean al fin de cada tiempo como los quadrados de los tiempos, con todo *su percusion solo se hace en virtud de la última velocidad que ha adquirido en el instante en que pega*, porque las velocidades que preceden á la percusion ſon extrañas é indiferentes á la velocidad con que se hace la percusion. Y asi eſtas velocidades precedentes no deben entrar en cuenta al calcular la quantidad de la percusion.

Es asi que las *últimas velocidades* adquiridas al fin del primero, ſegundo, tercer Segundo &c. no ſon co-

mo los quadrados de los tiempos, sino simplemente como los tiempos, pues las líneas B C, D G, H M que expresan las últimas velocidades de estos tres segundos son entre sí como 1, 2, 3. (*Fig.* 25.)

Luego la *Fuerza impulsiva* de este Grave, la qual es proporcional al producto de su masa por su velocidad, se debe estimar al fin de cada tiempo igual de su caida multiplicando la masa por el tiempo, pues que estos tiempos son la expresion de sus últimas velocidades, que son las únicas que influyen en la Percusion.

PROBLEMA II.

389. *Dada la masa de un Móvil que cae succesivamente de diferentes alturas, y el tiempo que ha tardado cada vez en caer; determinar la fuerza de la percusion en cada caida.*

SOLUCION. Sea el Móvil una bomba de doscientas libras que caiga perpendicular ú obliqüamente sobre una superficie horizontal, en la que suponemos que ha de hacer su percusion. Es muy indiferente que la superficie sea ó no horizontal, pues que la percusion contra una superficie horizontal solo se hace en virtud del *Movimiento vertical*, y el movimiento horizontal que podria tener esta bomba en su caida obliqüa nada influye en la percusion de que aqui se trata. (354). Comparemos entre sí varias caidas de esta bomba.

I.° Supongamos que en la *primer caida* desde el instante de la inflamacion de la pólvora hasta el instante de la percusion han pasado 10 segundos; la caida habrá durado 5, y la última velocidad con que se hace la percusion, y que es proporcional al tiempo que el Movil ha tardado en caer (388) será = 5.

Siendo la fuerza motriz el producto de la masa por la velocidad, la percusion de esta bomba será $200 \times 5 = 1000$.

II.° Supongamos que en la *segunda caida* desde que salió la bomba del mortero hasta la percusion hayan pasado 18 segundos; la caida en este caso habrá durado

nueve segundos, la última velocidad será igual á 9; y de consiguiente la percusion de esta bomba será $200 \times 9 = 1800$.

III.° Por este método se podrá hallar siempre la *Fuerza motriz* de esta bomba en sus diferentes caidas de una altura qualquiera; pues como se ve por lo dicho no hay mas que tomar por multiplicador de la masa el número de segundos que ha tardado en caer, el qual expresa siempre las últimas velocidades del Móvil.

390. Nota. En la solucion de este problema solo estimamos la *Fuerza inicial* del Móvil que es proporcional al producto de la masa por la velocidad.

Si se quiere averiguar el *Efecto total* que habrá producido la bomba de que hablamos, despues de consumidas sus fuerzas cayendo de diferentes alturas sobre cuerpos que ceden á su impulso, se debe multiplicar la masa por los *quadrados de las últimas velocidades* ó por los quadrados de los tiempos; y entonces el efecto total de la primera caida en que ha tardado el Móvil 5 segundos será 200×25, y el de la segunda en que tardó 9 será 200×81.

Lo dicho últimamente es una nueva prueba de que la disputa acerca de la estimacion de las Fuerzas vivas por la simple velocidad ó por el quadrado de la velocidad pende solo de una mala inteligencia. (381.)

Problema III.

391. *Hallar por la teoría del movimiento acelerado la velocidad de una bala despedida de un cañon ó de un fusil, ó determinar en quanto tiempo va la bala desde el arma de fuego que la despide al punto en que da.* (Fig. 34.)

Solucion. Sea A M un Cañon ó un Fusil asestado fixamente á B punto de un plano perpendicular al horizonte, de suerte que si el Móvil M no tuviera gravedad alguna deberia dar precisamente en B. En el corto espacio de tiempo que tarda la bala en pasar desde el arma de fuego de donde sale hasta el término á donde se dirige, su gravedad la hace baxar continuamente hácia el

el centro de la tierra mas abaxo de su direccion M B. Dará pues no en el punto B á donde la dirigen sino mas abaxo, y otro tanto mas abaxo quanto mas tiempo haya gastado en andar el espacio M B.

I.° Conocida la distancia M B que hay entre el arma de fuego y el plano opuesto, y la distancia B D que hay entre el punto de direccion y el de percusion se hallará fácilmente la Velocidad del Móvil.

Porque el Móvil que en caso de no tener gravedad alguna hubiera dado en B se ha detenido en el camino precisamente otro tanto tiempo como hubiera empleado en caer perpendicularmente con un movimiento acelerado desde B á D, pues que la gravedad obra en los mismos términos, y produce un mismo efecto en un Móvil, sea que este caiga obliqüa, sea que caiga perpendicularmente al horizonte. (387.)

II.° Como los graves al fin del primer Segundo de su caida han andado una *Pertica inglesa*, y al fin de cada Segundo siguiente el espacio central que han andado es como el quadrado del tiempo que han empleado en andarle, se sigue que extrayendo la raiz quadrada del número de perticas que hay desde el punto de direccion al de percusion se tendrá el tiempo que ha tardado el Móvil en pasar de M á D; y se tendrá por lo mismo la velocidad del Móvil, pues ésta es el espacio conocido M D dividido por el tiempo hallado y conocido.

Supongamos por exemplo que el Móvil M dirigido á B haya dado en D, y que la distancia B D sea de 16 perticas inglesas. La raiz quadrada de 16 es 4; luego el Móvil A ha gastado 4 Segundos en andar la línea parabólica M D.

Si la distancia D B fuera de 100 perticas el Móvil hubiera empleado 10 Segundos en andar el espacio M D.

Si la distancia que hay entre el punto de direccion B y el de percusion D es mucho menor, si solo es por exemplo de un pie de Inglaterra, el Móvil solo ha tardado un quarto de Segundo en pasar desde M á D.

porque los graves en su caida andan un pie de Inglaterra en un quarto de ſegundo (372).

Asi disminuyendo proporcionalmente los tiempos y espacios se hallará siempre mediante el mismo método el tiempo gaſtado en andar la línea M D por el grandor de la caida B D.

III.° Eſte es el método mediante el qual se ha hallado que un cañon cargado para batir despide la bala con una fuerza que la hace correr 100 toeſas ó 600 pies con corta diferiencia en un Segundo; porque dirigida la bala por la línea A M B á una diſtancia M B de 600 pies va á dar á D 15 pies de Francia con corta diferiencia mas abajo del punto de direccion B, que ſon preciſamente los que anda en su caida libre durante un Segundo.

Dura pues el Movimiento en fuerza del que camina eſta bala desde M a D ni mas ni menos de un Segundo, pues si duraſe mas ó menos daria la bala mas arriba ó mas abaxo del punto D que diſta 15 pies juſtos del punto de direccion B.

IV.° Se podria tambien determinar la velocidad de que hablamos á diſtancias considerables comparando por medio de un Péndulo de Segundos bien exâcto, el tiempo que paſa desde que se percibe la llama de la pólvora haſta que la bala da en el punto á que la dirigen.

Es claro que midiendo exâctamente la diſtancia del término desde donde ſale la bala haſta donde da, y conociendo exâctamente el tiempo que ha gaſtado en correr eſta diſtancia se determinaria su velocidad con toda exâctitud.

392. Objeccion. La bala despedida del Cañon, del Fusil, ó de la Piſtola da fixamente en el punto de direccion; luego las reglas de la Balíſtica conforme á las quales los Graves deberian dar mas abaxo del punto de su direccion ſon falſas. (*Fig.* 35.)

Respuesta. Las Armas de fuego eſtán por lo comun hechas de tal modo que la línea de direccion D C A, y la de proyeccion E M B no ſon paralelas sino que se cruzan en un punto C mas ó menos diſtantes.

I.° Si el Móvil M no tuviera gravedad alguna, la línea de proyeccion E M B le llevaria á B mas arriba de la línea de direccion, pero como el Móvil va baxando quando camina en fuerza de su gravedad da con corta diferiencia en A que es el punto en que termina la línea de direccion D C A prolongada hasta la distancia á que obran comunmente las armas de fuego.

II.° Adviértase de paso que es imposible construir armas de fuego de tal modo que á qualquiera distancia y con qualquiera velocidad la línea de direccion y la de proyeccion conspiren perfectamente en llevar al Móvil á un mismo punto fixo A.

La razon es porque si la distancia M B se anda en un Segundo, el Móvil M solo baxará una pertica inglesa mas abaxo de B, quando si se anduviesen dos baxaria quatro perticas mas abaxo. Y aun si se anduviesen seis, el Móvil baxaria treinta y seis perticas mas abaxo de dicho punto B.

Se ve por esto lo que debe suceder en otros casos en que el Móvil tarda mas ó menos tiempo en llegar á su término mas ó menos distante.

III.° Qualquiera que sea el ángulo F C G formado por las líneas de direccion y proyeccion, los lados F G, H K, B A crecen como las distancias, al paso que la caida acelerada del Móvil á las distancias G, K, A se ha aumentado como el quadrado de los tiempos que corresponden á estas distancias.

Si el Móvil se halla en algun instante en la línea de direccion D A ya no puede volver á hallarse en esta misma línea.

La Experiencia pues y la Balística son las que deben dirigir la vista y mano del que usa de las armas de fuego. La experiencia y la teoría le enseñarán á apuntar mas arriba ó mas abaxo del punto en donde quiere dar, segun que la pólvora mas ó menos fuerte imprima mas ó menos velocidad al Móvil, y segun que el objeto en que quiere dar está mas ó menos distante.

SECCION TERCERA.

MOVIMIENTO REFLEXO Y REFRACTO.

393. Observacion. Un Cuerpo que se mueve puede encontrar ó un obstáculo impenetrable como un pedazo de mármol, ó un obstáculo penetrable como un estanque de agua. En el primer caso padece *reflexîon* si es eléstico, y en el segundo *refraccion* si penetra obliqüamente en un nuevo medio mas ó menos resistente.

I.° *En el Movimiento reflexo* el Móvil repercute despues del choque en una direccion diferente de la primera.

En el *Movimiento refracto* el Móvil es simplemente apartado de su primera direccion.

II.° La causa de la *Reflexîon del movimiento* es la elasticidad de los cuerpos que chocan entre sí, pues solo en el choque de los cuerpos elásticos advertimos el fenómeno de la Reflexîon; y en los cuerpos que no tienen ninguna ó solo muy poca elasticidad no vemos ninguna, ó solo vemos muy poca reflexîon en el movimiento.

III.° La causa de la *Refraccion del Movimiento* es la quantidad mayor ó menor de resistencia que opone á la direcccion del Móvil el nuevo medio en que penetra.

No hay Refraccion alguna quando el Móvil pasa perpendicularmente de un medio á otro, ó quando pasa obliqüamente de un medio á otro medio de igual resistencia.

PARRAFO PRIMERO.

MOVIMIENTO REFLEXO.

394. Definicion. Un Móvil que resalta despues de haber dado en un obstáculo impenetrable forma con el plano en que reflexa dos ángulos, el uno de inciden-

cia y el otro de reflexîon que merecen considerarse atentamente. Suponemos aqui que el Movimiento antes y despues del choque se hace en línea recta. (*Fig.* 30.)

I.° Se llama *Angulo de incidencia* el ángulo A B G que forman las líneas A B que describe el Móvil A antes del choque y la línea ó superficie del plano B G. El Angulo de incidencia puede ser ó recto P B G, ó agudo A B G.

II.° Se llama *Angulo de reflexîon*, el ángulo H B C que forman la línea B C que describe el Móvil A despues del choque, y la línea ó superficie del plano B H.

III.° Si la superficie en que da el Móvil que reflexa en vez de ser plana G H, es curva *r m n t* se debe concebir una Tangente *m n* de esta superficie en el punto de contacto. Los ángulos formados por la direccion del móvil antes y despues del choque sobre esta Tangente serán el *Angulo* de incidencia A *m* G, y el *Angulo* de reflexîon C *n* H.

REGLA I.

395. *Si un Cuerpo elástico da perpendicularmente con una velocidad qualquiera en un Plano horizontal duro ó elástico, despues del choque este cuerpo reflexa por la misma línea perpendicular al plano.* (Fig. 30.)

Demostracion. Sea un globo elástico P tirado perpendicularmente á B sobre un plano horizontal é impenetrable G H. Este cuerpo despues del choque debe volver á subir á P por la linea B P.

I.° La Reaccion es igual y opuesta á la accion (327.) Luego la fuerza P B que se consume en hacer la compresion revive en una direccion opuesta B P mediante la reaccion.

Luego el Móvil será llevado de B á P por una fuerza precisamente igual á la que le traxo de P á B.

II.° El Móvil al baxar por la perpendicular antes del choque no tiene *movimiento horizontal*; luego tampoco tendrá movimiento horizontal al subir despues del choque; pues que el movimiento que nace de la Reaccion es igual y opuesto al que se pierde en la compresion.

Luego el Móvil despues del choque privado de todo movimiento horizontal, y llevado por el folo movimiento vertical volverá á fubir por la perpendicular B P describiendo una misma linea antes y despues del choque. (L. Q. P. D.)

REGLA II.

396. *Si un Cuerpo elástico da perpendicularmente en un plano duro ó elástico perpendicular ú obliqüo al horizonte, prescindiendo de su gravedad vuelve despues del choque por la misma línea que ha seguido antes de él.* (Fig. 24.)

Demostracion. Sea un globo eláftico A sin gravedad tirado perpendicularmente contra un plano duro ó eláftico D, perpendicular ú obliqüo al horizonte.

La Fuerza impulsiva A D del Móvil se deftruye toda en la compresion, y se convierte en otra igual y opuefta D A en virtud de la reaccion. Luego el Móvil llevado por la fuerza A D antes del choque reflexará despues del choque en virtud de la fuerza D A. Luego el Móvil entregado á la accion y siguiendo la direccion de la fuerza de reaccion D A volverá despues del choque por la línea D A. (L. Q. P. D.)

REGLA III.

397. *Si un Cuerpo elástico da obliqüamente en un plano duro ó elástico sea la que quiera su posicion, continúa moviéndose despues del choque formando con el plano en que reflexa un ángulo de reflexîon igual á su ángulo de incidencia.* (Fig. 30.)

Demostracion. Sea un globo eláftico A tirado obliquamente contra el plano duro ó eláftico G H en una direccion qualquiera A B. Despues del choque efte globo reflexará en la direccion B C, y el ángulo de reflexîon C B H ferá precifamente igual al de incidencia A B G. La teoría con que vamos á fentar efta *Regla fundamental* se funda en lo que hemos dicho en otro lugar acerca

de la descomposicion de las fuerzas, ó del movimiento obliqüo. (354 y 355.)

I.° El Móvil A tirado de A á B lleva un movimiento que tiene dos direcciones, la una A D *paralela al plano* y nula en la percusion, y la otra A M *p rpendicular al plano* y la ſola eficaz en la percusion.

La parte del movimiento que la da la direccion A D paralela al plano no se deſtruye en el choque, porque el plano no le opone resiſtencia alguna y asi permanece la misma despues del choque que antes.

La parte del movimiento que le da la direccion A M = D B perpendicular al plano, perece en el choque y se convierte en una fuerza igual y opueſta B D mediante la reaccion; y asi *esta Fuerza de reaccion* B D tendrá que elevar al Móvil despues del choque en una direccion perpendicular al plano.

II.° Entregado el Móvil antes del choque á las dos fuerzas impulsivas A M y A D, ó á una ſola fuerza que equivalieſe á la accion unida de las dos potencias A D y A M describiria en un tiempo determinado la diagonal A B del paralelogramo A D B M.

Entregado despues del choque á la fuerza paralela B N = A D, y á la perpendicular B D = A M, describirá en el mismo tiempo la diagonal B C del paralelogramo B D C N ſemejante é igual al precedente A D B M. Luego el Móvil despues del choque hará con el plano un ángulo de reflexîon H B C igual al de incidencia G B A; pues que el grandor de eſtos ángulos depende de la relacion de las dos fuerzas perpendicular y paralela que mueven al Móvil, la qual es preciſamente la misma antes y despues del choque. (L. Q. P. D.)

398. Corolario. *De qualquiera manera que un Globo elástico dé en un cuerpo duro ó elástico, el ángulo de reflexîon es igual al de incidencia.* (Fig. 30.)

Demostracion. El *Angulo de incidencia* es ó recto, ó agudo, ó ſobre una ſuperficie plana, ó ſobre una superficie curva.

I.° Si la direccion del Móvil es perpendicular á la

ſuperficie del cuerpo en que da el Móvil P reflexa por la perpendicular (396), y el ángulo de reflexîon es un ángulo recto como el de incidencia.

II.° Si la direccion del Móvil es obliqüa á la ſuperficie en que da el Móvil A ó C reflexa tambien formando un ángulo igual al de incidencia. (397.)

III.° Si el Cuerpo en que da el Móvil en vez de tener la ſuperficie plana G H, la tiene curva *r m n t*, el punto de contacto es siempre un plano pequeño en que los ángulos de incidencia y de reflexîon se pueden medir por la tangente del cuerpo. (394)

La misma teoría que demueſtra, que los ángulos de reflexîon ſon iguales á los de incidencia ſobre un plano grande G H, demueſtra igualmente que ſon tambien iguales ſobre el plano infinitamente pequeño *m n* del globo B X. Luego el ángulo de reflexîon ſerá siempre igual al de incidencia. (L. Q. P. D.)

399. Nota I. La teoría que acabamos de ſentar acerca del Movimiento reflexo concuerda perfectamente con la naturaleza de las coſas por lo que toca á la Luz; pero padece algunas modificaciones por lo que hace á los demas Cuerpos, como vamos á obſervar y explicar.

I.° En las *Leyes del Movimiento reflexo* que acabamos de exponer, prescindimos de la resiſtencia de los medios, de la peſantez de los cuerpos, de su falta de elaſticidad perfecta; tres cauſas que hacen que en la práctica el ángulo de reflexîon no ſea perfectamente igual al de incidencia. Por exemplo:

La *Pesantez de los cuerpos* hace que su direccion en su incidencia y reflexîon describa una línea parabólica (380) en vez de una curva.

La *Falta de Elasticidad perfecta* hace que la fuerza de reaccion no ſea perfectamente igual á la de percusion, y de consiguiente que el ángulo de reflexîon ſea un poco menor que el de incidencia.

Pero de eſto no se sigue que eſtas Leyes ſean vanas ó engañoſas en el eſtado físico de las coſas, como lo hemos obſervado en otra parte. (339.)

II.°

II.° La Luz es el único cuerpo en que las *Leyes de la reflexîon* convienen puntualmente en la práctica con lo que enseña la teórica.

Consta por las observaciones y se demuestra por la teoría general que acabamos de explicar, que de qualquier modo que caiga la Luz sobre un plano, del que reflexe el ángulo de reflexîon recto ó agudo es sensiblemente igual al de incidencia. La causa es porque la Luz tiene una perfecta elasticidad, y su infinita pequeñez la proporciona senderos bastante libres por entre los medios en que se mueve, y su movimiento de gravitacion es como nulo en comparacion de su movimiento de impulsion directa ó reflexa.

Por exemplo. Consta por las observaciones astronómicas, que la Luz viene del Sol á nosotros en siete minutos y medio, andando en este tiempo á lo menos treinta millones de leguas. (716.)

Tiene pues la Luz una velocidad que la hace andar 66666 leguas á lo menos por segundo, quando su pesantez que la es comun con todos los cuerpos no la puede apartar de la direccion que sigue en el mismo tiempo y cerca de la tierra mas que una pertica Inglesa. (*Fig.* 30.)

Sea pues un Globo de luz despedido y reflexado en la direccion A B C. Andando este globo de luz 66666 leguas en la direccion B C, en un segundo no podria baxar mas que una pertica inglesa ó 15 pies de Francia mas abaxo de la línea B C en virtud de su gravedad, aun quando esta gravedad que va descreciendo á medida de que el globo se aparta de la tierra, permaneciese siempre la misma. Con que su línea de direccion B C aunque realmente parabólica debe de ser siempre sensiblemente recta.

Esta Teoría general del Movimiento reflexo es como se ve la base y fundamento de la Catóptrica, ciencia que tiene por objeto la *direccion que debe seguir la Luz* en la reflexîon que padece dando en cuerpos impenetrables á sus rayos.

400. Nota II. La Teoría y Práctica del movimiento

reflexo se verifican particularmente en los juegos de pelota y villar, en los que todo el arte consiste en tomar los ángulos de incidencia y reflexîon favorables, y evitar los perjudiciales. Los Jugadores diestros de Villar conocen á ojo sin percibirlo ellos mismos las tangentes del punto de contacto que les hacen al caso.

Ya que hemos tocado el juego de Villar, darémos razon de un pequeño fenómeno que divierte y admira á veces á los Jugadores. Si sobre una mesa de Villar se pega perpendicularmente con la mano de corte á la bola B en la direccion B v que cae fuera del centro, la bola echa á andar al principio en la direccion B A, y vuelve inmediatamente con un movimiento mas ó menos rápido en la direccion A B. (*Fig.* 17.)

Explicacion. Pegando á esta bola en la direccion B *v* se la imprimen tres movimientos diferentes; el uno *central* B *v* que en fuerza de la reaccion de la bola y del plano se convierte en un movimiento vertical *v* B: otro *horizontal* en virtud del qual es impelida á moverse en la direccion *r s*; y otro de *rotacion*, en virtud del qual es determinada á rodar mas ó menos rápidamente al rededor de su centro *r* en la direccion B *n m* B.

I.° Despues de la percusion B *v* y la reaccion *v* B, la bola B es agitada de dos movimientos, el horizontal *r s*, y el vertical *r* B. En fuerza de estos dos movimientos se eleva un poco encima de la mesa, y va desde A á B por la línea parabólica *r* C *s*. (384.)

Durante esta travesía la bola elevada encima de la mesa á quien no toca, continúa en rodar sobre su centro en la direccion B *n m* B.

II.° Llegada al punto A, despues que sus movimientos horizontal y vertical se han consumido, conserva únicamente su movimiento de rotacion B *n m* B: y en virtud de éste, su centro camina hácia adelante en la direccion *s r*; hasta que la resistencia ocasionada por la frotacion de la cubierta destruye enteramente este movimiento de rotacion que la hace retroceder.

PARRAFO SEGUNDO.

MOVIMIENTO REFRACTO.

401. Observacion. Consta por muchísimas experiencias, que si un Móvil pasa perpendicularmente de un Medio á otro mas resistente, *su Movimiento se debilita sin mudar de direccion*, y que si el mismo Móvil pasa obliqüamente de un Medio á otro mas ó menos resistente *su direccion tuerce en el punto en que se hace el tránsito de un medio á otro*: Por exemplo (*Fig.* 36.)

I.° Si una bola V de plomo, mármol ó madera cae con una velocidad qualquiera del aire encima de la superficie B T de un estanque de agua quieta en una *direccion perpendicular* á este estanque, se mueve mas lentamente en el agua que en el aire; pero siempre en la misma direccion perpendicular V M N.

El agua ocho ó nuevecientas veces mas densa que el aire, opone al movimiento de esta bola una resistencia ocho ó nuevecientas veces mayor, y asi su movimiento debe ser mas débil pasando del aire al agua. Pero como esta resistencia del agua se opone igualmente por todas partes al movimiento perpendicular de la bola, debe únicamente debilitarle y disminuirle sin darle una nueva direccion hácia un lado mas que hácia otro.

II.° Si se tira la misma bola A en el mismo estanque de agua en la *Direccion obliqüa A M*, no solamente su movimiento se debilita en el agua, sino que tambien dexa la direccion A M P, para tomar la direccion A M D inclinándose hácia el punto M.

La bola en su direccion obliqüa A M es impelida hácia la superficie del agua por un movimiento compuesto del horizontal A V, y del central A B. (354.)

En el instante en que toca en el agua su *Movimiento central* experimenta la resistencia del agua; pero su *Movimiento horizontal* no experimenta todavia mas que la del aire: luego su movimiento central debe hacerse mas

débil que el horizontal. Luego permaneciendo el mismo el movimiento horizontal, y habiéndose disminuido el central, el Móvil debe inclinarse hácia la direccion de la fuerza M H, que viene á hacerse predominante á causa de haberse debilitado la fuerza opuesta M N.

PERPENDICULAR A DIFERENTES MEDIOS.

Como al pasar un Móvil de un Medio á otro mas ó menos resistente se acerca ó aparta de una *Perpendicular* tirada en el nuevo Medio desde el punto de incidencia ó de tránsito, es sumamente importante conocer bien qual sea esta Perpendicular asi en un Medio de superficie plana, como en uno de superficie convexâ ó de superficie cóncava.

402. Definicion I. En un Medio de superficie plana *la Perpendicular es una línea recta* M N, *tirada en el nuevo Medio desde el punto de incidencia, y perpendicular á la superficie en que el Móvil se encuentra con este Medio.* (Fig. 36.)

I.° Es indiferente que la superficie de un Medio penetrable sea horizontal, vertical ó inclinada al horizonte respecto de esta Perpendicular que es siempre una línea recta perpendicular á la superficie de este Medio, y tirada en él desde el punto del tránsito.

II.° Como la superficie de una agua quieta B T es plana, la superficie del aire que le rodea es tambien plana, y asi el aire que rodea una superficie plana se debe considerar como *Medio de superficie plana.*

Si un Móvil M pasa del agua á el aire en la direccion D M A, la línea M V será la Perpendicular tirada en este nuevo Medio.

403. Definicion II. En un Medio de superficie esférica como en un globo de cera, nieve ó barro húmedo *esta Perpendicular es el radio mismo de la Esfera, ó la línea recta tirada desde el punto de incidencia al centro de la convexídad.* Por exemplo si el Móvil M da en el globo penetrable N en B, ó en D, la Perpendicular es el radio B N, ó D N. (*Fig.* 37.)

Un Medio que rodea á un Globo, por exemplo el aire ó el agua que circundan al globo N, se debe considerar como un *Medio de superficie cóncava* cuya Perpendicular tirada desde el globo por el Medio circundante vamos á dar á conocer.

404. Definicion III. *En un Medio de superficie esféricamente cóncava, la Perpendicular es el radio prolongado, ó la línea recta* N C, ó N F *tirada en el nuevo Medio desde el centro de la curvatura por el punto en que él Móvil pasa desde la esfera al medio circundante*; pues que la línea E F es perpendicular á la tangente del punto E.

Regla I.

405. *Quando un Móvil pasa de un Medio á otro mas ó menos resistente con un movimiento perpendicular, no muda de direccion.* (Fig. 36 y 37.)

Demostracion. La experiencia acredita la verdad de esta primera Regla. Una bala que cae perpendicularmente de V á M sobre un estanque de agua quieta se va al fondo por la misma direccion V M N. Una bala que da perpendicularmente en un cubo de cera, nieve ó barro húmedo qualquiera que sea su posicion, se abre paso en él por una línea perpendicular á la superficie en que ha empezado el contacto. Una bala que da en el globo N de cera ó nieve en la direccion M B que prolongada pasa por el centro, le atraviesa por la línea recta M N C.

Todas estas direcciones son perpendiculares á los nuevos Medios. Luego en el movimiento perpendicular á los nuevos Medios no hay mutacion alguna de direccion, no hay refraccion alguna.

La razon es porque en la direccion perpendicular á un nuevo Medio, todas las partes del obstáculo oponen por todos lados una resistencia igual al movimiento. Luego el *Movimiento del Móvil* no se debe inclinar á ningun lado. Luego debe continuar en su primera direccion hasta que la resistencia del obstáculo medio que pene-

tra, y á quien se comunica le haya absorvido enteramente. (L. Q. P. D.)

REGLA II.

406. *Quando uu Móvil pasa obliqüamente de un Medio mas fácil á otro mas difícilmente penetrable, su Direccion tuerce al pasar apartándose de la Perpendicular tirada en el nuevo Medio.* (Fig. 36.)

DEMOSTRACION. I.° Quando un Móvil A pasa del aire al agua con una velocidad qualquiera en la direccion A M en parte horizontal A V, y en parte central A B (354.), en lugar de seguir su primera direccion A M P, tomará otra A M D apartándose de la Perpendicular M N.

La razon es porque en el instante en que el Móvil toca á el agua en M con un movimiento en parte paralelo, y en parte perpendicular á la superficie del agua, el *Movimiento paralelo* M H no encuentra mas obstáculo que antes, porque el móvil está todavia todo en el aire, en vez de que el *Movimiento perpendicular* M N encuentra un obstáculo que le opone una resistencia ocho ó nuevecientas veces mayor que la que le oponia un volúmen igual de aire: y asi el movimiento perpendicular M N debe disminuirse y debilitarse en el punto del contacto, al paso que el movimiento paralelo M H debe permanecer el mismo.

Permaneciendo el mismo el movimiento paralelo, y habiéndose debilitado el perpendicular en el punto del contacto, estas dos *Fuerzas conspirantes* adquieren una relacion nueva, y el Móvil al entrar en el agua obedeciendo á las dos fuerzas que le mueven, se debe inclinar mas al lado de la fuerza M H que se ha hecho predominante por la debilitacion de su rival.

Quando ha entrado ya todo en el agua le queda todavia al Móvil una parte de su movimiento perpendicular M N, y otra un poco mayor de su movimiento paralelo M H, y como entonces el agua opone una resistencia igual á

eftas dos Fuerzas, el Móvil impelido por ellas corre en efte nuevo Medio la diagonal M D de un paralelogramo conftruido fobre la direccion y relacion de las dos Fuerzas que le quedan. (345.)

II.° Si el nuevo Medio B T X K en vez de fer un volúmen de agua fuera una mafa de barro húmedo, y el Móvil A una bala tirada en la direccion A M, se demostraria por la misma experiencia y teoría, que la bala al penetrar en efte Medio se apartaria de la Perpendicular M N, tomando una nueva direccion M D mas ó menos apartada de la Perpendicular á proporcion de la mayor ó menor resiftencia del Medio.

La misma demoftracion se podrá hacer, sea que la fuperficie T M B fea paralela al horizonte, sea que fea perpendicular ó inclinada, con tal de que la direccion A B de la bala haga el mismo ángulo de incidencia A M B con la fuperficie del nuevo Medio.

III.° Si el nuevo Medio es un *Globo de cera ó barro húmedo* N, una bala tirada en la direccion obliqüa M D H se aparta de la Perpendicular D N, y toma la direccion D E. (*Fig.* 37.)

La razon es porque la bala al dar en el globo en D es agitada por dos movimientos de los quales el uno D H la impele á meterfe en el globo, y el otro B D G á apartarfe del centro del globo; el primer movimiento experimenta la resiftencia del globo en el inftante del contacto al pafo que el segundo no experimenta todavia mas resiftencia que la del aire. Debe pues la bala inclinar su movimiento en la direccion de la fuerza D G que es la menos débil, y asi tomará la *direccion* D E que la aparta de la Perpendicular D N.

Luego quando un Móvil pafa obliqüamente de un Medio ménos resiftente á otro mas resiftente, qualquiera que sea la naturaleza y posicion del nuevo Medio, el Móvil debe siempre apartarse de la Perpendicular tirada en él. (L. Q. P. D.)

REGLA III.

407. *Quando un Móvil pasa obliquamente de un Medio mas difícil á otro mas fácilmente penetrable, su direccion tuerce al pasar acercándose á la Perpendicular tirada en el nuevo Medio.* (Fig. 36.)

DEMOSTRACION. Esta proposicion es la inversa de la antecedente y está fundada en los mismos principios como es fácil hacer ver.

I.° Sea B T X K un paralelopípedo de barro húmedo colgado en el aire en una direccion paralela perpendicular ú obliqüa al horizonte, y supongamos que un Móvil qualquiera, por exemplo una bala tirada en la direccion A M haya llegado á D desde donde va á pasar del barro al aire. Consta por la experiencia que este Móvil en vez de continuar su carrera en la direccion M D R toma la direccion D S, acercándose á la Perpendicular D C.

Para percibir la razon de esta inflexîon M D S consideremos al Móvil en D en el instante en que está la mitad en el barro y la mitad en el aire. El Móvil llegado á D por la línea M D es agitado de un movimiento compuesto D X, D C. En virtud de este *Movimiento doble* andaria la línea D R, si estos dos movimientos permaneciesen en la misma proporcion.

Pero quando el Móvil está en D el barro resiste todavia á su movimiento D X, al paso que solo el aire se opone á su movimiento D C. Será pues destruida una parte mayor del primero que del segundo. Supongamos el movimiento D X disminuido en fuerza de la resistencia del barro la quantidad X F: el Móvil entregado las dos fuerzas que le quedan D F y D C, debe describir la Diagonal D S en vez de la línea D R, y por lo mismo debe acercarse á la *Perpendicular* D C tirada desde el punto del tránsito D por el nuevo medio.

II.° Por la misma razon *una Bala* movida en un globo de barro en la direccion D E R toma la direccion E K al

al pasar del barro al aire, y se acerca á la Perpendicular E F. La bala que está la mitad en el barro y la mitad en el aire, es detenida mas por el barro que por el aire. Se debe pues mover inclinándose mas al lado de la Fuerza que está menos debilitada, ó al lado en que experimenta menos resistencia. (*Fig.* 37.)

Luego quando un Móvil pasa obliqüamente de un Medio mas resistente á otro menos resistente qualesquiera que sea su naturaleza y posicion, debe siempre torcer su movimiento acercándose á la Perpendicular tirada en el nuevo Medio. (L. Q. P. D.)

REFRACCION DE LA LUZ.

408. OBSERVACION. La Luz está sujeta á las mismas *Leyes generales de refraccion* que los demas cuerpos, pues estas Leyes no son mas que una conseqüencia ó aplicacion de las Leyes generales del movimiento que hemos sentado y demostrado anteriormente. Hay con todo una diferencia muy notable entre la Luz y los demas Cuerpos, y es que *ciertos Medios mas difícilmente penetrables á los demas cuerpos son mas fácilmente penetrables á la Luz.* Por exemplo

El agua es un medio mas fácilmente penetrable á la luz que el aire: el aire que está cercano á la superficie de la Tierra es un medio mas fácil y menos resistente para la luz, que el aire inmensamente mas rarefacto en que termina la Atmósfera lejos del globo terraqueo. De donde resulta que la *Refraccion de la Luz debe hacerse al reves de la de los demas cuerpos.* Por exemplo (*Fig.* 36.)

I.° Consta por la experiencia que si una *Bala* A pasa del aire al agua con la direccion obliqüa A M, en vez de seguir la línea recta A M P tuerce en M su direccion siguiendo la línea A M D, y *apartándose de la Perpendicular* M N, porque el agua es para la bala puesta en M un medio mas resistente que el aire.

II.° Consta igualmente por la experiencia, que si un

Globo ó Rayo de luz A pasa del aire al agua con la direccion obliqüa A M, en vez de seguir la línea recta A M P tuerce en M su direccion siguiendo la línea A M O, y *acercándose á la perpendicular* M N; porque el agua es para el globo de luz puesto en M un Medio mas fácil y menos resistente que el aire sea la que quiera la causa de esta menor resistencia. Asi la teoría del Movimiento refracto es la misma para todos los cuerpos; pero los resultados no son los mismos en la Luz que en los demas Cuerpos; porque ciertos Medios penetrables que resisten mas á los demas Cuerpos resisten menos á la Luz.

409. Nota. Un Cazador que tira un escopetazo á un pez que está dentro del agua hierra siempre el tiro sino echa cuenta con la Refraccion; porque si el pez está quieto en P, y el cazador apunta á P por la línea A M P, la bala debe forzosamente dar en D.

Los Principios que acabamos de sentar acerca de la Refraccion del movimiento son la base y fundamento de la *Dióptrica*, Ciencia que tiene por objeto la *direccion que debe seguir la Luz que padece refraccion* en el aire, el agua y los espejos. En nuestro Curso completo de Física hemos dado un Tratado particular de esta ciencia.

Despues de haber considerado el *Movimiento en sí mismo* nos resta considerarle en las Máquinas que sirven para aumentarle ó disminuirle al infinito. Y este será el objeto del Tratado siguiente.

ELEMENTOS DE FISICA.

TRATADO QUINTO.

Teoría del Movimiento en las Maquinas, ó la Mecanica.

410. Definicion. La *Mecánica* es una ciencia que enseña á aumentar ó disminuir al infinito las Fuerzas motrices por medio de ciertas Máquinas que aplica al movimiento.

Su objeto es hacer que una fuerza por pequeña que sea pueda igualar ó exceder á la mayor resistencia; hacer por exemplo que un peso de una libra levante ó mantenga en equilibrio otro de tantas libras quantas se quiera.

Vamos á exâminar en este quinto Tratado quales son los Principios físico-matemáticos de la Mecánica; que quantidad de accion debe producir cada Máquina en particular; que quantidad de Resistencia puede y debe originarse de las Máquinas mismas.

SECCION PRIMERA.

Principios físico-matematicos de la mecanica.

Como la *Gravitacion de los Cuerpos* es una de las Fuerzas motrices que se emplean mas comunmente en la Mecánica no parecerá extraño á la teoría de esta ciencia exâminar esta fuerza y el centro comun de su accion.

Gravitacion de los Cuerpos.

411. Observacion. Todos los Cuerpos terreftres homogéneos ó heterogéneos gravitan ó tiran á caminar hácia el centro de la Tierra en direcciones siempre perpendiculares al horizonte (247), y su fuerza gravitante es proporcional á la quantidad de su materia.

Una *libra de agua* y *otra de plomo* no obftante la diferiencia de su naturaleza y densidad, caminan hácia el centro de la tierra con una fuerza enteramente igual; porque la libra de agua baxo de su mayor volúmen contiene una quantidad de partes gravitantes igual á la que incluye una libra de plomo baxo del fuyo aunque menor.

I.° Aunque la gravedad ó pefantez de los Cuerpos se aumenta á medida de que se van acercando al centro de la tierra, no obftante como efta diferiencia de gravedad no es fensible sino quando la diferiencia de la diftancia á dicho centro es muy considerable (364), se sigue que un Cuerpo debe tener fensiblemente la misma gravedad y el mismo pefo en qualquiera de las alturas y profundidades en que podemos emplearlo en las Máquinas.

II.° En un Grave qualquiera cada partícula gravitante tiene su gravitacion aparte en virtud de la qual tira á precipitarfe en línea recta con un movimiento acelerado hácia el centro de la tierra; por exemplo. (*Fig.* 38.)

Si se toma por *centro de la Tierra* el punto C, cada uno de los cuerpos A, B, D, F, G pueftos en la superficie tirará á precipitarfe en C por las líneas convergentes F C, B C, A C, D C, E C, G C. Pero como las distancias F C y G C del centro á la fuperficie de la tierra fon inmenfamente grandes respecto de la diftancia F G que folo es de algunas toefas; se sigue que la convergencia de eftas líneas F C y F C en las cortas diftancias F *m*, *n* G en donde nofotros podemos medirlas y compararlas, no debe fer fensible, y que á efta diftan-

cia las líneas F C y G C se pueden tener por paralelas.

De ſuerte que si los dos cuerpos F y G cayendo en un profundo abismo se acercaſen al centro de la tierra algunos centenares de pies, en virtud de su gravedad describirian las dos líneas F *m* y G *n* matemáticamente convergentes, pero ſensiblemente paralelas; porque la quantidad infinitamente pequeña de la aproxîmacion de eſtas dos líneas en una longitud de algunos centenares de pies ſeria totalmente imperceptible.

Si se ſupone que los centros de los dos cuerpos F y G eſtén diſtantes entre sí veinte y cinco toeſas, y que ſus líneas de gravitacion se prolonguen haſta *m* y *n* á cien toeſas de profundidad, se hallará por el cálculo comparando entre sí los dos triángulos ſemejantes F C G y *m* C *n*, que las líneas convergentes F C y G C no se han acercado una á otra en *m n*, cien toeſas mas abajo de ſus extremidades F G mas que un poco menos de la vigésima quarta parte de una pulgada; eſto es, menos de media línea. ¿Pero que es media línea de convergencia en una longitud de ſeiscientos pies?

Asi las líneas F C y G C aunque matemáticamente convergentes pueden y deben tenerſe tanto en la teoría como en la práctica de la Mecánica por realmente paralelas entre sí.

III.° Aunque todas las partes gravitantes de un cuerpo tengan su tendencia aparte hácia el centro de la tierra, sin embargo como en los *cuerpos sólidos* todas ellas eſtán adherentes unas á otras, su gravitacion comun se reune neceſariamente en una misma línea de direccion en la línea A M N en donde se halla el centro comun de todas las partes gravitantes. (*Fig.* 40.)

Por exemplo cada molécula del *globo sólido* M tiede su gravitacion aparte en virtud de la qual tira á precipitarſe perpendicularmente ſobre el plano horizontal H K acercándoſe al centro de la tierra; pero como todas eſtas moléculas eſtán adherentes unas á otras, la molécula F no puede baxar sin que ſuba la molécula G; y asi ſus fuerzas iguales y opueſtas se deſtruyen (344) y

hacen su exfuerzo comun contra el plano y hácia el centro de la tierra del mismo modo que si toda su accion eftuviese en la línea A N que pafa por el centro de gravitacion.

De fuerte que si la línea A M N eftá foftenida por el plano eftando recíprocamente en equilibrio todas las partículas adherentes del globo, debe éfte quedar en quietud.

IV.° Efta teoría y efecto se verificará igualmente si el globo M eftá hueco y lleno de algun líquido; porque todas las moléculas opueftas F y G, B y D del líquido tienen una gravitacion igual y opuefta que se destruye recíprocamente, y se convierte en una fuerza comun que obrará en la línea A M N.

No fucederia lo mismo si el globo hueco se quebrafe. En efte cafo cada molécula del líquido volveria á exercer feparadamente su gravitacion particular, y caminaria independientemente de las demas por la línea F H ó G H hácia el centro de la tierra.

Centros de gravedad de los Cuerpos.

412. Definicion I. Llámafe *Centro de gravedad* en un cuerpo, un punto por el que si un plano le dividiefe en qualquiera direccion siempre faldrian dos partes que ferian iguales en pefo. Por exemplo (*Fig.* 40)

I.° El centro de gravedad en un *Globo homogéneo* es el centro mismo del Globo, ó aquel punto que difta igualmente de todas las partes de la fuperficie.

En un Cubo homogéneo el centro de gravedad es el mismo centro del cubo, ó el punto que difta igualmente de fus feis fuperficies.

II.° Un *Globo heterogéneo* cuyos dos emisferios fuefen el uno A F N de madera, y el otro A G N de plomo el centro de gravedad no feria el centro mismo del Globo sino el punto C apartado del centro hácia el lado del emisferio mas pefado.

Lo mismo se debe entender de un cubo y de qualquiera otra figura regular compuefta de materias de diferente densidad.

III.ª En un *Cuerpo homogéneo qualquiera* el centro de gravedad es un punto por donde si este cuerpo fuese dividido por un plano, resultarian dos partes perfectamente iguales en sus tres dimensiones. (*Fig.* 35.)

Por exemplo si el cañon E M es dividido en dos partes iguales por un plano D O M D, por otro E *n* M E, y por otro *r s r*, el punto *a* en donde se cruzan estos tres planos perpendiculares entre sí será el centro de gravedad del cañon E M.

413. Definicion II. Llámase *Línea de gravitacion* una línea recta tirada del centro de gravedad al de la tierra, al que naturalmente tiran á acercarse todos los Graves. (*Fig.* 41.)

Por exemplo las líneas A H y B K son las líneas de gravitacion de los cuerpos H y K, y asi son matemáticamente convergentes (411), aunque sensible y físicamente paralelas entre sí.

Igualmente las líneas A R y C P son las líneas de gravitacion de los Cuerpos R y P, cuyo centro de gravedad está en R y en P. (*Fig.* 55, 56, 57.)

414. Axioma I. *Un Cuerpo se mantiene en reposo quando su centro de gravedad es sostenido ó suspendido.* Porque estando todas las demas partes de este Cuerpo en equilibrio en todas direcciones al rededor de este punto inmóvil M, sus fuerzas iguales y opuestas deben necesariamente destruirse. (*Fig.* 40.)

415. Axioma II. *Un Cuerpo cae ó baxa quando nada impide á su centro de gravedad que se acerque al centro de la Tierra.* Porque la gravedad que reside en este centro es una potencia necesaria que produce su efecto siempre que su accion no es destruida por un obstáculo invencible.

416. Aplicacion. I.ª Un globo M puesto sobre un plano horizontal H K permanece inmóvil porque su gravedad que es la sola causa que podria moverle está toda reunida en el centro M, y este centro está sostenido por el radio que cae sobre el plano y se halla en la línea de gravitacion. (*Fig.* 40.)

II.° Un globo R pueſto ſobre un plano inclinado A B debe caer rodando ſobre su centro R, porque su gravedad que eſtá reunida en R le ſolicita sin ceſar á baxar con movimiento acelerado por la linea de gravitacion R B que no es detenida, ni ſoſtenida por el plano. (*Fig.* 51.)

III.° Un Cuerpo de ſuperficie plana y perfectamente liſa pueſto ſobre un Plano inclinado tambien perfectamente liſo, baxará resbalando por el tal plano; porque la gravedad que reside en M le ſolicita sin ceſar á acercarſe al centro de la tierra, y eſto puede hacerſelo conſeguir moviéndole de M á N. Pues el único obſtáculo que se opone á eſte movimiento es el rozamiento, y éſte no siempre es tan grande que deſtruya la accion de la gravedad. (*Fig.* 47.)

IV.° El *Agua que corre por los Rios* no debe su movimiento sino á la gravedad que reside en todos sus elementos deſunidos y que les hace *rodar* ó *deslizarse* en la direccion en que pueden acercarſe mas al centro de gravitacion, ó al de la Tierra.

417. Nota. En el *Cuerpo humano* el centro de gravedad se halla con corta diferencia en el medio de ſus tres dimensiones, en *una Línea perpendicular al horizonte* y en un punto de eſta línea algo mas cerca de la cabeza que de los pies. Eſta línea perpendicular F H es su línea de gravitacion. (*Fig.* 69.)

I.° Quando el *Centro de gravedad* A se halla en la recta F H que tirada al centro de la Tierra paſa por la baſe ſobre la que el Cuerpo humano se ſoſtiene, entonces se mantiene firme y no cae. Porque eſtando apoyado y detenido en H el centro de toda su gravedad, no queda gravedad alguna que le ſolicite á caer hácia ningun lado. (414.)

En el Cuerpo humano la baſe que se opone á su gravedad es la planta de los pies quando eſtá derecho; su silla quando eſtá ſentado, su cama quando eſtá echado. En un Viejo encorvado que anda apoyado en un palo, la baſe opueſta á su gravedad es el espacio que media entre su pie derecho, su baſton y su pie izquierdo.

En

En los Quadrúpedos ésta base es el espacio que media entre sus quatro pies.

II.° Quando *el Centro de gravedad* se halla en una recta que tirada al centro de la Tierra pasa por fuera de la base sobre que se sostiene el Cuerpo humano, la caida es inevitable. Porque no siendo sostenido ni impedido el centro de gravedad, ésta gravedad que está reunida en él tira necesariamente hácia su término y lleva á él irresistiblemente el cuerpo en que reside.

III.° Quando se camina, el centro de gravedad se muda alternativamente de un pie al otro. ¿Un paso mal dado pone al Cuerpo á peligro inminente de caer? El alma por un instinto inexplicable se exfuerza á restablecer el equilibrio, llevando el *centro de gravedad* hacia el lado opuesto al de la caida, hácia el lado en donde el centro de gravedad podrá hallarse *en la Línea de gravitacion* que pasa por las plantas de los pies.

IV.° Supuesta esta teoría es fácil explicar porque un hombre teniendo los talones arrimados á una pared no puede sin caerse, coger encorvándose una moneda puesta en el suelo á uno ó dos pies delante de él. La razon es porque éste hombre no puede encorvarse hácia delante sin que su *Línea de gravitacion* pase por fuera de las plantas de los pies, y de consiguiente su centro de gravedad dexe de estar apoyado y sostenido, en cuyo caso la caida es inevitable.

Si sus pies no estuvieran arrimados á la pared, podria al encorvarse hácia delante echar el cuerpo parte hácia adelante y parte hácia atras y dexar su centro de gravedad en una línea de gravitacion que pasase por entre las plantas de sus pies. Pero en la situacion en que le suponemos, la pared le impide hacer esta inflexîon que produciria el equilibrio y no le permite encorbarse sin perderle, sin llevar el centro de gravedad fuera del punto de apoyo; en una palabra sin caer.

POTENCIA Y RESISTENCIA EN LA MECANICA.

418. Definicion I. Llámase *Potencia* en la Mecánica una Causa motriz sea la que quiera, animada ó inanimada, cuyo exfuerzo mueve ó tira á mover á un cuerpo (343.). La fuerza de una potencia mecánica se divide en absoluta y relativa.

I.° *Fuerza absoluta* de una Potencia es la actividad que tiene por sí misma sin ser ayudada de ninguna máquina.

II.° *Fuerza relativa* de una Potencia es la actividad que tiene por medio de una máquina con que obra.

La fuerza absoluta de un *Peso de una libra* es siempre una pesantez de una libra capaz de destruir otra pesantez opuesta de otra libra.

Pero este Peso de una libra puede por medio de una palanca hacer equilibrio con otro de ciento ó mil; y entonces sin aumentarse ni disminuirse su Fuerza absoluta, su *Fuerza relativa* se hace ciento ó mil veces mayor (265 y 272.). De esta distincion usarémos en la teoría de todas las Máquinas.

419. Definicion II. Llámase *Resistencia* en la Mecánica una Fuerza sea la que quiera, que se opone al movimiento que se quiere dar á un cuerpo sea para mudarle de lugar, sea para dividirle. La causa de esta resistencia que opone el Cuerpo que se quiere mover, es ó su fuerza de inercia, ó la adherencia de sus partes, ó su gravedad, ó la accion de una potencia opuesta, ó todos estos obstáculos juntos.

Como la Potencia y la Resistencia tienen asi una como otra, una *Accion real y positiva*; quando se compara entre sí la accion de estas dos fuerzas, se da muy freqüentemente el nombre comun de *Potencias* á qualquiera de las dos, diciendo por exemplo: las dos Potencias son entre sí como sus distancias al punto de apoyo, ó en razon inversa de sus distancias á dicho punto.

420. Definicion III. Una *Fuerza mecánica* es el producto de una masa por una velocidad efectuada ó actual.

ó que tira á efectuarse, ó inicial. Como la velocidad es siempre el quociente del espacio dividido por el tiempo: (262.)

I.° Si la Potencia y la Resistencia se mueven ambas á un tiempo, sus velocidades serán como los espacios andados. La velocidad de la potencia será á la de la resistencia como el espacio andado por aquella es al espacio andado por ésta.

II.° Si la Potencia y la Resistencia no se mueven realmente, sino que solamente tiran á moverse, se debe estimar su velocidad inicial, ó su tendencia á la velocidad por el espacio que correria cada una en un tiempo igual si se verificase su movimiento.

TEOREMA FUNDAMENTAL.

421. *Dos Cuerpos tienen igual fuerza motriz, y se mantienen en equilibrio siempre que siendo opuestos sus movimientos, el producto de la masa por la velocidad del uno es igual al mismo producto del otro.*

DEMOSTRACION. Un Cuerpo no obra sobre otro sino únicamente en virtud de su movimiento actual ó inicial (420). Luego quando los movimientos de dos cuerpos son iguales y opuestos, ninguno de los dos debe vencer ni ser vencido. Luego ambos á dos deben quedar *en equilibrio*, esto es en igualdad de accion opuesta y en reposo.

Es asi que hay igualdad de movimiento en dos Cuerpos siempre que el producto de la masa por la velocidad actual ó inicial es igual en ambos, pues la quantidad de movimiento ó de fuerza motriz de los cuerpos es siempre el producto de su masa por su velocidad (269). Luego estos dos Cuerpos cuyos productos de masa por velocidad son iguales deben permanecer en equilibrio y reposo. (L. Q. P. D.)

SECCION SEGUNDA.

LAS VARIAS MAQUINAS.

422. Definicion. Se da el nombre general de *Máquina* á todo inſtrumento que sirve paia aumentar ó disminuir el movimiento.

Seis ſon las *Máquinas simples*; la palanca, la polea, el torno, el plano inclinado, la rosca, y la cuña.

De eſtas seis Máquinas simples se forma una multitud de *Máquinas compuestas* que no ſon otra cosa que una combinacion de las máquinas simples entre sí, ó una compaginacion de muchas máquinas simples unidas y combinadas entre sí para hacer un exfuerzo comun contra una misma resiſtencia.

Las seis Máquinas simples que acabamos de nombrar no ſon en subſtancia mas que seis diferentes combinaciones de una ſola y única máquina, á ſaber de la *Palanca*: y asi baxo de eſte único aſpecto hablarémos sucesivamente de cada una en particular en la Teoría que vamos á dar de ellas.

De eſte modo la Mecánica se vendrá á reducir á un ſolo y único principio; á *la accion de la Palanca* modificada y combinada de diſtintos modos. Importa pues muchísimo hacer conocer bien la accion de la Palanca.

ARTICULO PRIMERO.

TEORIA DE LA PALANCA.

423. Depinigion. La *Palanca* que es la mas sencilla de todas las máquinas puede considerarſe ó matemática ó fisicamente. (*Fig.* 41.)

I.° La Palanca considerada matemáticamente es una línea recta y sin peſantez alguna A D B, deſtinada á re-

glar las diſtancias de la Potencia y de la Resiſtencia al punto de apoyo D.

II.° Considerada físicamente es una línea ó vara sólida é inflexîble A D B, deſtinada á mover ó ſoſtener los peſos A H y B K ſobre un mismo punto de apoyo D. La peſantez propia que tiene eſta línea sólida A D B, debe considerarſe como parte de las dos fuerzas opueſtas H y K. Asi la peſantez D A de la Palanca hace parte de la Potencia H, y la peſantez B D de la misma palanca hace parte de la Potencia ó Resiſtencia K.

424. Division. Hay tres eſpecies de Palanca segun las tres situaciones diverſas en que puede eſtar con relacion al punto de apoyo la Potencia que obra por medio de eſta máquina.

I.° Llámanse *Palancas de primera especie* aquellas en que el punto de apoyo A eſtá entre la potencia P y la resiſtencia R. (*Fig.* 43.)

II.° De *segunda especie* aquellas en que la resiſtencia R eſtá entre la potencia P y el punto de apoyo A. (*Fig.* 44.)

III.° Ultimamente de *tercera especie* aquellas en que la potencia P eſtá entre la resiſtencia R y el punto de apoyo A. (*Fig.* 45.)

425. Nota. Conviene hacer aqui con motivo de hablar de la Palanca dos observaciones preliminares, de las que en parte depende la Teoría que vamos á dar de eſta Máquina.

I.° En la Palanca el *Punto de apoyo* es el centro del movimiento tanto de la Potencia como de la Resiſtencia. (*Fig.* 41.)

Si el punto A se moviera al rededor del punto de apoyo D, el punto A correria el arco A F en otro tanto tiempo quanto emplearia el punto B en correr el arco B C; y asi siendo eſtos arcos entre sí como ſus radios ó como los brazos D A, D B, las velocidades de eſtos dos puntos eſtán tambien en la misma relacion que los radios ó brazos.

Eſta misma observacion tiene lugar en todas tres es-

pecies de Palanca. La Potencia y la Resiſtencia tienen siempre el Punto de apoyo por centro comun de ſus movimientos iguales ó desiguales.

II.° La Palanca de primera especie tiene la propiedad de hacer *diametralmente opuesta* la accion de los dos Cuerpos que luchan uno contra otro en virtud de su peſantez. Por exemplo el cuerpo H tirando él á acercarſe al centro de la tierra intenta levantar el cuerpo K hácia el Zenit; y asi el uno tira á moverse hácia abajo, y el otro hácia arriba, las quales direcciones ſon diametralmente opueſtas.

Una Potencia puede obrar ó en *direccion perpendicular*, *ó en direccion obliqüa* á la Palanca; exâminarémos cada una de por sí eſtas dos especies de accion.

PARRAFO PRIMERO.

ACCION PERPENDICULAR A LA PALANCA.

426. Teorema. *Hay equilibrio entre dos Potencias cuya accion es perpendicular á la Palanca, quando siendo opuesta su accion sus maſas ó fuerzas absolutas están en razon inversa de su distancia al punto de apoyo.* (Fig. 41.)

Demostracion. Debe haber equilibrio y reposo quando las dos Fuerzas motrices son iguales y opueſtas; y tal es el caſo de las dos fuerzas de que se trata.

Porque por una parte la fuerza H = 1 tira á moverse por el radio ó palanca D A = 3; por otra la fuerza K = 3 tira á moverse por el radio D B = 1.

A cauſa de la disposicion de la palanca la fuerza $1 \times 3 = 3$ es opueſta á la fuerza $3 \times 1 = 3$. Luego estas dos fuerzas iguales y opueſtas deben deſtruirse recíprocamente. Luego debe haber equilibrio entre las dos fuerzas ó potencias H y K.

La misma demoſtracion se podrá hacer en qualquiera otro caſo en que las maſas eſtén en razon inverſa de las diſtancias. (L. Q. P. D.)

REGLA UNICA.

427. *Quando una Potencia obra por medio de una Palanca en direccion perpendicular á ella, su fuerza relativa es á su fuerza absoluta, como su distancia del punto de apoyo es á la distancia de la potencia opuesta respecto del mismo punto.* (Fig. 41.)

Demostracion. Siendo la fuerza de una Potencia el producto de su masa por su velocidad, se sigue que permaneciendo la misma la masa ésta fuerza crece y descrece como su velocidad. Es asi que la velocidad actual ó inicial crece ó descrece como la distancia del punto de apoyo (425): luego la fuerza de una potencia crece y descrece como su distancia al punto de apoyo.

Luego un peso de una libra puesto en una palanca D A en el punto 1 tendrá una fuerza como 1, en el punto 2 una fuerza como 2; en el punto 3 una fuerza como 3, y asi progresivamente al infinito. (L. Q. P. D.)

428. Nota I. Por esta teoría se echa ya de ver como se podria resolver el famoso *Problema de Archîmedes*, imposible á la verdad en la práctica, pero que nada tiene de repugnante en la teórica. *Dadme un Punto fixo fuera de la Tierra*, decia este gran Mecánico, *y yo levantaré el Globo terrestre.* (*Fig.* 41.)

Si hubiera un punto fixo D fuera de la Tierra, y una palanca inmensa y sin pesantez B A, suspendiendo de un lado la Tierra K mui cerca del punto de apoyo, y del otro á una distancia inmensa una bala de cañon H, de modo que la distancia A D de la bala al punto de apoyo excediese mas á la distancia B D de la tierra respecto del mismo punto que la masa de la tierra á la masa de la bala, la tierra seriá levantada por la bala; porque el producto de la masa por la velocidad en la bala seria mayor que el producto de la masa por la velocidad en la tierra.

429. Nota II. Como la Fuerza natural y absoluta de una Potencia se aumenta ó disminuye en la Palanca,

conviene exâminar en que casos debe ésta fuerza aumentarse ó disminuirse. (Fig. 43.)

I.° En la *Palanca de primera especie* la fuerza natural y absoluta de una Potencia, por exemplo de un hombre, de un caballo, de un corriente de agua, de un peso de diez libras se aumenta y hace mayor quando la potencia está mas distante del punto de apoyo que la resistencia.

La fuerza natural y absoluta de la potencia se disminuye quando la potencia está mas cerca del punto de apoyo que la resistencia. La fuerza natural y absoluta no se disminuye ni se aumenta quando la Potencia y la Resistencia estan á igual distancia qualquiera del mismo punto.

II.° En la *Palanca de segunda especie* la fuerza natural y absoluta de la Potencia siempre recibe aumento; porque la potencia está siempre mas distante del punto de apoyo que la resistencia. (*Fig.* 44.)

La mano P que sostendria un peso de cien libras por sola su fuerza absoluta, sostendrá un peso de doscientas por su fuerza relativa, siempre que su distancia del punto de apoyo sea doble de la de la resistencia; y asi á proporcion en los demas casos.

III.° En la *Palanca de tercera especie* la fuerza natural y absoluta de la Potencia siempre se disminuye; porque la Potencia está siempre mas cerca del punto de apoyo que la resistencia. (*Fig.* 45.)

La mano P que sostendria un peso de cien libras en P por sola su fuerza absoluta no sostendrá mas que un peso de cinquenta libras, quando el peso R esté á una distancia doble del punto de apoyo.

430. Nota III. Quando dos Cuerpos están suspendidos perpendicularmente de los dos brazos de una palanca de primera especie: (*Fig.* 41.)

I.° Si *hay equilibrio*, el punto de apoyo sostiene toda la gravedad ó todo el peso de los dos cuerpos. Pues que ésta gravedad siempre subsiste y su exfuerzo obra necesariamente contra el obstáculo que la detiene.

Si el cuerpo K pesa tres libras, y el cuerpo H una, el

el punto de apoyo D ſoſtiene quatro libras ademas del peſo propio de la palanca.

Aunque el cuerpo H de una libra haga equilibrio con el cuerpo K de tres, no se sigue que el cuerpo H haga una presion de tres libras ſobre el punto de apoyo D, porque el cuerpo H no hace equilibrio con el cuerpo K sino en virtud de su fuerza relativa, y las potencias no obran ſobre el punto de apoyo centró inmóvil del movimiento sino en virtud de ſus fuerzas relativas producidas por la diferiencia de velocidades. Luego éſte punto de apoyo no tiene que ſufrir mas presion que la de las fuerzas abſolutas.

II.° *Si no hay equilibrio*, el Punto de apoyo ſoſtiene todo el peſo del cuerpo que ſube y del que baxa solamente una parte igual al peſo del que éſte hace ſubir.

El exceſo de la fuerza gravitante del cuerpo que baxa no empuja contra el punto de apoyo; porque su accion se emplea en hacer baxar eſte cuerpo, el qual baxa ó tira á baxar con una fuerza proporcional á eſte exceſo de peſantez.

Asi quando dos cuerpos de desigual peſantez eſtan pueſtos ſobre los dos platillos de una balanza, la mano que levanta el cuerpo mas peſado ſolo lucha contra su exceſo de peſantez. Por exemplo si un cuerpo de éſtos peſa 30 libras y el otro 40, levantando el platillo de las 40 libras la mano no levanta ni ſoſtiene mas que un peſo de 10 libras.

431. Nota IV. Sea una Palanca A B apoyada ſobre dos Puntos inmóviles ó móviles A y B, y un cuerpo R que lucha perpendicularmente contra eſta palanca: (*Fig.* 46.)

I.° Si el cuerpo ó el peſo R eſtá igualmente diſtante de los dos puntos de apoyo, *este Peso hace fuerza ó carga igualmente sobre estos dos puntos* A B.

Y si eſtos dos puntos son dos Potencias activas, por exemplo dos hombres ó dos caballos por quienes ſea ſostenido ó transportado el cuerpo R, eſtas dos potencias experimentan igual resiſtencia.

II.° Pero si la resiſtencia ó el peſo R eſtá mas cerca del punto A que del punto B, *las Presiones en A y en B estan en razon inversa de sus distancias á la resistencia* C R.

Para comprender la razon de eſto consideremos los puntos A y B, como que van á levantar ó arraſtrar el cuerpo R. El punto B será una potencia que obrará por medio de la Palanca B C, al paſo que el punto A será otra que obrará por medio de la palanca A C. Supongamos la diſtancia B C dos veces mayor que A C. En este caſo la potencia B ayudada de una *Palanca dos veces mayor* que la de la potencia A, tendrá una facilidad dos veces mayor, y una resiſtencia y presion dos veces menor que eſta potencia.

Luego la presion ó resiſtencia en A será á la presion ó resiſtencia en B, como la diſtancia C B es á la diſtancia C A ; ó *en razon inversa* de las diſtancias á la resiſtencia C R.

III.° Eſta teoría es prácticamente conocida haſta de las perſonas mas ignorantes. Dos Mozos de cordel no ignoran que si llevan un fardo atado á un palo que deſcanſe ſobre ſus hombros , llevarán igual peſo quando el fardo eſté pueſto á igual diſtancia de uno y otro , ni que si la diſtancia es desigual , uno de ellos irá tanto mas cargado quanto eſté mas próxîmo al peſo.

Del mismo modo un Carretero que tiene dos caballos ó mulas de desiguales fuerzas ſabe mui bien que debe poner la mas floxa algo mas diſtante de la línea de tiro , á fin de que la resiſtencia del peſo cargue mas sobre la mas fuerte.

El Peso comun ó la Balanza.

432. Aplicacion I. La *Balanza* es una palanca de primera especie. El centro C de la alcoba C D es el punto de apoyo. Las dos partes iguales C A y C B de la barra A B ſon la palanca de la potencia y de la resiſtencia. Puede considerarſe como potencia el peſo co-

nocido, y como resiſtencia el cuerpo cuyo peſo queremos conocer. (*Fig.* 48.)

Para que una balanza ſea juſta y exâcta es neceſario que los dos platillos tengan igual peſantez, que los dos brazos C A y C B ſean igualmente largos é igualmente peſados en todas ſus diſtancias iguales del punto de apoyo, y que la barra se pueda mover fácilmente en la alcoba, y al rededor del exe que la sirve de apoyo.

I.° Si uno de los brazos C A es mas largo una décima parte, y el otro C B es mas peſado otra décima parte habrá equilibrio quando la balanza eſté vacía porque habrá de ambas partes igual producto de maſa por velocidad (426).

Pero si se pone *un peso de nueve libras* en el platillo mas diſtante del punto de apoyo hará equilibrio con otro de diez pueſto en el mas cercano; porque las fuerzas motrices ſerán de una y otra parte $9 \times 10 = 10 \times 9$.

Por eſto se echa de ver como un fraudulento puede abuſar de una balanza que tenga los brazos desiguales, poniendo el género que vende en el brazo mas largo dará nueve por diez; y por el contrario poniendo el que compra en el mas corto tomará diez por nueve. (*Fig.* 41 *y* 48.)

II.° Para aſegurarſe de que una Balanza no es falsa, no hay que hacer mas que poner en los dos platillos que siempre eſtán en equilibrio quando eſtan vacíos, dos peſos qualesquiera que hagan equilibrio, y mudar luego los peſos de un platillo al otro.

Si hecho eſto ſubsiſte el equilibrio la balanza es exâcta, pues no pueden los dos peſos conſervar la misma fuerza motriz mudando de platillo sin tener uno y otro la misma velocidad ó la misma tendencia á ella que tenian antes.

Romana, Tixeras, Barcas, Baxeles.

433. Aplicacion II. Es fácil echar de ver el *mecanismo de la Palanca* en infinitas Máquinas. Nos ceñi-

rémos á hacerle obſervar en algunas de las que mas importa conocer. (*Fig.* 42.)

I.° La *Romana* es una palanca de primera especie. El punto de apoyo es C, la resiſtencia R y la potencia mas ó menos diſtante del punto de apoyo P.

Hay equilibrio en éſta Máquina quando la diſtancia C P eſtá á la diſtancia C D como la resiſtencia R á la potencia P.

Pero es neceſario atender á que los dos brazos de la barra C D y C F hacen parte, uno de la resiſtencia R y otro de la potencia P. Y como la parte C F es por lo comun mas peſada que la parte C D se omiten muchas divisiones entre C y P para compenſar el exceſo de fuerza motriz que adquiere la potencia P por el mayor peſo proporcional de su palanca C F. Por tanto es neceſario empezar á contar desde dos, tres, quatro onzas, libras ó arrobas ſegun fuere mas peſado el brazo C P.

II.° Las *Tixeras* y tambien las *Tenazas* incluyen dos palancas de primera especie. El punto de apoyo es el exe al rededor del qual se hace el movimiento: la mano es la potencia, y el cuerpo que se quiere cortar ó agarrar es la resiſtencia.

Quanto mas excede la diſtancia de la potencia al punto de apoyo á la diſtancia de la resiſtencia respecto del mismo punto, tanto mayor es la fuerza relativa de la potencia, pues que la parte de la palanca en que hace fuerza la mano, y la otra parte de la misma palanca que oprime al cuerpo tiran á moverſe por arcos ſemejantes que ſon entre sí como los rádios que terminan en la potencia y en la resiſtencia.

III.° Los *Barcos* ó *Barcas de remos* ſon palancas de ſegunda especie. El agua en la qual eſtriba una extremidad del remo hace el oficio de punto de apoyo; la barca que se quiere mover es la resiſtencia, y la mano que hace su empuje contra la otra extremidad del remo es la potencia.

Algunos Autores tienen á las Barcas de remos por *Palancas de primera especie*, y consideran como punto

de apoyo el punto en que el remo eftá puefto y se mueve fobre la barca; pero su teoría es mas complicada y menos natural que la que acabamos de insinuar.

IV.° Los *Baxeles* y *Barcos de velas* fon palancas de primera especie. Los vientos que luchan contra las velas y máftiles fon la potencia, el agua que es necefario hendir y furcar es la resiftencia, y el punto en que los Máftiles eftan pegados al baxel es el punto de apoyo.

Quanto mas anchas y elevadas fon las Velas, mayor es la accion de la potencia, porque obra por medio de una palanca mayor. El Timon que hiende el agua en una direccion ya paralela, ya obliqüa á la impulsion del viento hace tomar al baxel una direccion paralela ú obliqüa á efte impulfo fegun le acomoda al que le gobierna.

PARRAFO SEGUNDO.

ACCION OBLIQUA A LA PALANCA.

Despues de haber considerado la accion de una Potencia en su direccion perpendicular á la palanca réftanos exâminar la accion de efta potencia en su direccion obliqüa á la misma palanca.

Como nofotros consideramos todas las Máquinas como otras tantas palancas, éfta teoría de la *Fuerza obliqüa* viene á fer comun á todas ellas.

TEOREMA I.°

434. *Una misma Potencia aplicada á un mismo punto de una palanca tiene su mayor fuerza quando obra en direccion perpendicular á la palanca, y si obra en direccion obliqüa su fuerza se hace tanto menor quanto su direccion se hace mas obliqüa.* (Fig. 49.)

DEMOSTRACION. La experiencia y la teoría comprueban de acuerdo la verdad de efte teorema: la experiencia acredita el hecho, y la teoría da la razon.

Experiencia. Sean dos Potencias iguales A y B cuyas direcciones D A y E B ſean perpendiculares á los dos brazos iguales de la palanca D E ; ſupongamos que la direccion de la potencia A permanezca siempre perpendicular D A al paſo que la direccion de la potencia B se haga ya perpendicular A B, ya obliqüa E F baxo de un ángulo agudo C E F, ya obliqüa E G baxo de un ángulo obtuſo C E G. Los puntos F y G ſon dos pequeñas poleas fixas ſobre las quales la potencia B se mueve con libertad.

I.° La potencia B en su direccion perpendicular E B hace equilibrio con la potencia opueſta A de igual peſo.

II.° Pero eſta misma potencia B en su direccion obliqüa E G ó E F puede menos que la potencia opueſta A; de ſuerte que si la potencia B es un peſo de diez ó doce libras ſerá neceſario añadir algunas mas para restablecer el equilibrio; y tantas mas habrá que añadir quanto mas obliqüa se haya hecho su direccion.

Luego una potencia qualquiera, por exemplo B ſuspendida por una misma cuerda de un mismo punto de la palanca tiene su *mayor fuerza* quando obra en una direccion perpendicular ó la palanca ; pues que en eſta direccion su fuerza es igual á la de la potencia opueſta A, y en ninguna direccion obliqüa su fuerza es igual á la de la potencia A , cuya direccion permanece siempre la misma.

Luego la fuerza de la potencia B es otro *tanto menor* quanto mayor obliqüidad adquiere en su direccion ; pues que para igualar la fuerza de la potencia B con la fuerza conſtante de la potencia A es neceſario aumentar otro tanto peſo á la potencia B como su direccion adquiere de obliqüidad.

Explicacion. Es muy fácil dar razon de eſta disminucion de fuerza en la Potencia cuya accion se hace obliqüa á la palanca.

I.° Quando la Potencia B obra en una direccion perpendicular á la palanca, *toda su Accion* se emplea en levantar la potencia opueſta A en una direccion contraria á la ſuya.

II.° Pero quando ésta misma Potencia B obra en una misma direccion E G obliqüa á la palanca, su Accion total se divide ó descompone en dos *Acciones particulares* E H, E K que la harian describir la diagonal E G.

Con la primera accion E H lucha contra el punto de apoyo C, tirando de él hácia adelante en la direccion E H; esta parte de su accion no contribuye á levantar el cuerpo A.

Con la segunda E K lucha contra el cuerpo A. Esta sola parte de su accion se emplea en levantar el cuerpo A en una direccion opuesta á la suya E B.

Se debilita pues la Potencia B en la *direccion obliqüa* E G relativamente á la Potencia opuesta A, pues que la accion total que oponia á dicha potencia A se divide en dos porciones, una de las quales no lucha ya contra ella.

III.° Igualmente quando la potencia B obra en la direccion obliqüa E F, su accion total se divide en dos *Acciones particulares* E N y E K.

Con la primera E N lucha contra el punto de apoyo C, al que quiere hacer volver atras el espacio E N. Esta parte de su accion no contribuye á levantar la potencia opuesta.

Con la segunda E K lucha contra el cuerpo A. Esta sola parte de su accion dividida se ocupa en levantar la potencia opuesta.

Se debilita pues la Potencia B en su *Accion obliqüa* E F relativamente á la potencia A, pues en este caso como en el precedente la accion total que oponia á la potencia A quando obraba en una direccion perpendicular á la palanca se divide en dos porciones, una de las quales no lucha ya contra ella.

Resultado. Una *Potencia cuya accion se hace obliqüa á la palanca* divide su accion total en dos porciones, una de las quales obra con todo su exfuerzo contra el punto de apoyo y no lucha contra la potencia opuesta, y al paso que su obliqüidad es mayor es tambien mayor la porcion de la fuerza total que se consume en luchar inútilmente contra el punto de apoyo.

Luego una Potencia cuya accion ſea obliqüa á la de la palanca no opone toda su fuerza á la potencia opueſta. Luego quanto mas obliqüa es á la palanca la accion de una potencia, tanto menor es la parte de su fuerza que opone á la potencia contra quien lucha. (L. Q. P. D.)

435. Nota. Es fácil hallar la *debilitacion de una Potencia* cuya accion perpendicular se hace obliqüa.

Porque como la Fuerza total expreſada por la diagonal E G reſulta equivalentemente de dos fuerzas conspirantes E H y E K se descompondrá éſta Fuerza total en dos Fuerzas parciales por eſta simple regla de tres. La fuerza total E G es á la porcion de eſta fuerza que lucha contra la potencia opueſta A, como el lado E K al lado E H. (351 y 354.)

Teorema II.

436. *Quando una misma Potencia aplicada á un mismo punto de una palanca obra sucesivamente en varias direcciones desde la perpendicular hasta la mas obliqüa, su fuerza ó accion se disminuye como las perpendiculares tiradas del punto de apoyo á sus diferentes direcciones.* (Fig. 55.)

Demostracion. Sean dos Potencias iguales R y P cada una de una libra, é igualmente diſtantes del punto de apoyo B en su direccion perpendicular á la palanca. Supongamos que la direccion A R de la potencia R permanece siempre perpendicular á su palanca B A, al paſo que la potencia P toma diferentes grados de obliqüidad respecto de su palanca B C que ſupondrémos dividida en tres partes iguales 1, 2, 3. En eſta hipótesis la experiencia demueſtra los siguientes hechos de los que resulta la demoſtracion de eſte ſegundo teorema.

I.° Quando la Potencia P obra en la direccion C P perpendicular á la palanca, las dos Potencias opueſtas eſtan en equilibrio. Su accion en eſte caſo eſtá de una y otra parte *en su mayor fuerza*, y éſta accion es como las perpendiculares B A y B C tiradas del punto de apoyo á la direccion de cada potencia.

II.° Supongamos que la Palanca de la Potencia P tome

la

la inflexîon A B N. La direccion N *n* de esta potencia se acercará al punto de apoyo una tercera parte de su palanca, y será necesario aumentar su peso *p* una tercera parte para que haga equilibrio con la potencia opuesta.

Si un peso de una libra en la direccion C P, perpendicular á la palanca hacía equilibrio con el peso opuesto en la direccion N *n* obliqüa á la palanca, será necesario un peso de libra y media para restablecer el equilibrio. La accion pues de esta potencia baxo del ángulo agudo B N *n* se ha disminuido una tercera parte, lo mismo que su distancia al punto de apoyo.

III.° Supongamos que la palanca de la misma Potencia P tome la inflexîon A B M. La direccion M *m* de esta potencia se acercará al punto de apoyo dos terceras partes de la longitud de su palanca, y será necesario aumentar su peso dos terceras partes ó dos libras para que haga equilibrio con la potencia opuesta.

La accion de esta palanca baxo del ángulo mas agudo B M *m* se ha disminuido dos terceras partes, lo mismo que su distancia al punto de apoyo.

IV.° Supongamos que la palanca de la misma Potencia P tome la inflexîon A B O. La direccion de esta potencia pasará por el punto de apoyo, y su accion empleada toda en oprimir hácia abaxo este punto será absolutamente nula respecto de la potencia opuesta.

V.° Supongamos que la palanca de la misma Potencia P tome la inflexîon A B V, de modo que su direccion prolongada pase por V á igual distancia de B y C, será necesario doblar la masa P para producir el equilibrio.

La accion pues de esta Potencia baxo del ángulo obtuso B V D se ha disminuido la mitad, lo mismo que su distancia al punto de apoyo.

Luego quando una misma potencia aplicada á un mismo punto de una palanca obra sucesivamente desde la direccion perpendicular hasta la mas obliqüa, su fuerza se disminuye como las perpendiculares tiradas del punto de apoyo á sus diferentes direcciones. (L. Q. P. D.)

437. COROLARIO I. Pues que el esfuerzo de una Po-

tencia es el mayor que puede ser quando obra en direccion perpendicular á la palanca, se sigue *que en todo caso se puede estimar la accion de una Potencia por una perpendicular tirada del punto de apoyo á su direccion.* Por exemplo: (*Fig.* 56.)

I.° La Potencia P tiene su *mayor accion* en la direccion C P. Su accion en esta postura será como B C, que es la perpendicular tirada del punto de apoyo á su direccion C P.

II.° Si esta Potencia obra en la direccion obliqüa C F, su accion será como si obrase perpendicularmente por medio de una palanca B *n*, que es la perpendicular tirada del punto de apoyo á su direccion prolongada F C *f*.

III.° Si esta Potencia P obra en la direccion obliqüa C H, su accion será como si obrase perpendicularmente por medio de una palanca B *m*, que es la perpendicular tirada del punto de apoyo á su direccion prolongada H C *h*.

IV.° Si esta Potencia P obra en fin en la direccion obliqüa C V, su accion será como si obrase perpendicularmente por medio de una palanca B *x* que es la perpendicular tirada del punto de apoyo á su direccion C V. (*Math.* 407.)

438. Corolario II. *Se puede estimar indiferentemente la accion de una Potencia aplicada á un mismo punto de una palanca.*

I.° O por las perpendiculares B *m*, B *n*, B *x*, B C tiradas del punto de apoyo á las diferentes direcciones de esta potencia. (*Fig.* 56.)

II.° O por las perpendiculares M *b* = B *m*, N *b* = B *n*, V *b* = B *u* tiradas de la extremidad de su palanca á la línea O B X que pasa por el punto de apoyo paralelamente á la direccion perpendicular de la Potencia.(*Fig.* 55.)

439. Nota. El Teorema precedente se puede enunciar en estos términos; *quando una misma Potencia aplicada á un mismo punto de una palanca obra sucesivamente desde la direccion perpendicular hasta la mas obliqüa, su accion ó su exfuerzo descrece como los Senos de los ángulos que forman con la palanca sus diferentes direcciones.* (Fig. 57.)

Explicacion. La Potencia P está en su *mayor fuerza*

quando obra en la direccion C P perpendicular á la palanca. Supongamos que esta fuerza es igual á C G que es el Seno del ángulo recto B C G. (*Math.* 634.)

I.° En la direccion obliqüa C F baxo del ángulo obtuso B C F, la Fuerza total de la potencia se descompone en *dos Fuerzas parciales*, una de las quales á saber C N es nula contra la Potencia opuesta (434), y la otra C M obra sola contra ella.

La línea F N que es el Seno del ángulo B C F, y que es igual á la línea C M, será pues la expresion de la Potencia P en la direccion C F, y la Potencia que obra en P será á la Potencia que obra en F como el Seno G C es al Seno F N.

II.° En la direccion obliqüa C K baxo del ángulo agudo B C K la Fuerza total de la Potencia se descompone igualmente en dos *Fuerzas parciales*, de las quales la una C T es nula contra la Potencia opuesta, y la otra C D = K T obra sola contra ella.

La línea K T que es el Seno del ángulo B C K, será pues la expresion de la Potencia en la direccion C K, y la Potencia que obra en P será á la Potencia que obra en K, como el Seno G C al Seno K T.

440. Corolario. De aqui resulta que *por solo el cálculo se puede hallar la debilitacion de una Potencia ó de una Fuerza en todos sus diferentes grados de obliqüidad.*

Pues para hallar esta quantidad de debilitacion bastará suponer la *Fuerza perpendicular* igual al Seno total, y comparar este Seno total con los Senos de los diversos ángulos agudos ú obtusos que forma la direccion de la Potencia haciéndose obliqüa á su palanca. Todos estos Senos se hallarán si se quiere al fin de nuestro Curso completo de Matemáticas elementares.

Por exemplo: Supongamos que la Fuerza de una Potencia en la direccion perpendicular á su palanca es 10 de masa por 6 de velocidad, ó de radio ó de palanca. Su *exfuerzo total* ó su accion perpendicular será 10 × 6 = 60. Esta fuerza = 60 será como el Seno del ángulo recto ó como el Seno total 100000.

¿Qual será el *exfuerzo debilitado* de efta misma Potencia aplicada al mismo punto de la Palanca en direccion obliqüa baxo de un ángulo agudo de 40 grados?

Se le hallará fácilmente por efta regla de tres: la fuerza perpendicular como 60 es á la fuerza incógnita x, como el Seno del ángulo recto es al del ángulo de 40 grados ó 60. x :: 100000. 64279.

BALANCEO DE LOS CUERPOS EN EQUILIBRIO.

441. Experiencia I. Si á las dos extremidades de una Palanca torcida A B C, móvil fobre un punto de apoyo D se clavan *dos globos* A y C, de modo que eftén en equilibrio en la poftura A B C de qualquiera manera que se incline efta palanca, volverá á tomar su poftura primera A B C despues de algunos balances alternativos. (*Fig.* 39.)

Explicacion. El *centro de gravedad* en eftos dos cuerpos en equilibrio resíde en el centro de los dos globos (412). De aqui es que las dos Potencias opueftas luchan una contra otra por las líneas A V y C V que miden fus diftancias refpectivas á la línea B F en que eftá el punto de apoyo. (438).

I.° Si se inclina la palanca B A de tal fuerte que el centro de gravedad A pafe á *m*, y el centro de gravedad C á *n*.

La Potencia C cuya palanca *n* D se ha hecho mayor, se halla aumentada al pafo que la Potencia A cuya palanca *m t* se ha hecho menor se halla debilitada.

Por tanto la Potencia C fubida á *n* baxa con un movimiento acelerado por el arco *n r*, y obliga á la Potencia opuefta que se halla en *m*, á volver á fubir á *s*.

II.° La Potencia A fubida á *s* adquiere una palanca *s* D mayor que la palanca *r t* de la Potencia opuefta. Siendo por efto mas fuerte, baxa á su vez por el arco *s m* con un movimiento acelerado, y obliga á la Potencia opuefta á volver á fubir hácia *n*.

De aqui nace un balanceo que dura hafta que el ro-

zamiento del punto de apoyo, y la resiſtencia del aire hayan abſolutamente deſtruido el movimiento que ha producido la inclinacion desde A á *m*.

III.° Con eſta teoría se puede dar razon de una infinidad de pequeños fenómenos en punto de equilibrio, en que el Arte diſpone de tal modo los balancines que no puede un cuerpo inclinarse hácia ningun lado sin que los centros de gravedad que tiran siempre hácia el centro de la tierra, le obliguen á recobrar su situacion vertical.

Por exemplo: Si B D es un pequeño cuerpo sólido terminado en punta y apoyado en una superficie unida y un poco cóncava de qualquier modo ó hácia qualquier lado que se incline eſte cuerpo B D, volverá á tomar su direccion B D F. Porque no se le puede inclinar hácia un lado sin que los balancines A B y B C se alexen de su linea de gravitacion natural á la qual siempre vuelven otra vez. Para que eſto ſuceda es neceſario como se ve que los centros de gravedad A y C eſtén mas baxos que el punto de apoyo D.

442. Nota. Si los dos globos de que acabamos de hablar en vez de eſtar clavados en la palanca eſtuvieran colgados de ella por medio de cuerdas como los dos globos H y K; (*Fig.* 41.)

Qualquiera que fueſe la inclinacion *m n* que se hicieſe tomar á la palanca A B D, los centros de gravedad se acercarian proporcionalmente á la línea C F, y conſervarian siempre su misma relacion de diſtancia al punto de apoyo.

Asi los balanceos de la barra de una balanza exâcta no tienen siempre la misma cauſa que los balanceos de que se acaba de tratar.

443. Experiencia II. Sea A B la barra de una balanza en equilibrio y repoſo en su direccion horizontal. (*Fig.* 48.)

Si se inclina eſta barra A B haciéndola tomar la poſtura *a b* pierde el equilibrio. El punto *a* baxa á *c* con un movimiento pequeño acelerado, vuelve á ſubir desde el punto *c* hácia *a* para volver á baxar del mismo modo há-

cia *c*, hafta que siendo enteramente aniquilada por el rozamiento del exe y resiftencia del aire, la fuerza que ocasiona efte balanceo llegue en fin la barra á quedar quieta en la direccion horizontal A B.

En ninguna Obra hemos hallado una explicacion general de efte pequeño fenómeno. Exâminense con cuidado las explicaciones que han dado de él algunos Autores que veneramos, y se hallará que todas fon falfas á lo menos en su generalidad, y que si parece que dan razon de efte fenómeno en una bipótesis ó en una determinada conftruccion de la Balanza son evidentemente falfas en otra hipótesis ó en otra conftruccion opuefta de ella, en las que éfte mismo fenómeno se verifica igualmente.

He aqui nueftra Idea fobre efte objeto con la que nos parece que se da razon de efte fenómeno en todos los cafos posibles. (*Fig.* 50.)

Explicacion. Para simplificar efta teoría y la figura en que la vamos á exâminar quitemos los dos platillos de la balanza, y fupongamos su pefantez en dos pequeños globos fixos en las extremidades A B de la barra. Supongamos tambien eftos dos pequeños globos A y B iguales y homogéneos, y fus palancas C A y C B rectas, iguales y perfectamente femejantes. (*Fig.* 50.)

De qualquier modo que se incline la Barra A B forma siempre de ambas partes ángulos iguales con la línea de gravitacion G H, y las dos Potencias A y B fixadas en las dos extremidades de la barra se acercan ó se alexan siempre igualmente del punto de apoyo. Por exemplo en la inclinacion *a b* el ángulo *a C G* es igual al ángulo *b C* H opuefto al vértice. La línea *a s* y la línea igual *b u* denotan la longitud de la palanca de las dos Potencias obliqüas.

¿Siendo iguales las mafas y velocidades de *estas dos Fuerzas a* y *b* en que consifte pues que no permanezcan en equilibrio y repofo en los puntos *a* y *b* como en los otros A y B? He aqui la razon.

I.° Quando la barra ó palanca A B tiene la direccion horizontal, las fuerzas motrices A y B eftán en equi-

librio, porque su maſa es igual y su tendencia al movimiento es igual y opueſta.

Porque si la Potencia A en un tiempo infinitamente pequeño tira á moverſe por el arco A *m*, tambien la Potencia opueſta B en un tiempo infinitamente pequeño tira á moverſe por un arco igual B *b*.

Y tirando las dos Potencias opueſtas A y B á correr eſtos dos arcos A *m* y B *b* tiran tambien á acercarse igualmente á la línea G H en todos los puntos ſucesivos de su movimiento.

II.° Pero quando la barra ó palanca tenga una inclinacion qualquiera *a b* reſpecto de la línea horizontal, no eſtán ya en equilibrio las dos potencias opueſtas: la potencia pueſta en *a* tendrá mas fuerza que la otra pueſta en *b*. Para percibir la razon de eſta diferiencia consideremos ſeparadamente la accion de cada potencia en eſta positura *a b*.

En primer lugar la Potencia *a* en un tiempo infinitamente pequeño tira á acercarſe al centro de la tierra por el arco *a* A que haria su palanca *siempre creciente* desde *a s* haſta A C, al paſo que la Potencia opueſta *b* en un tiempo infinitamente pequeño tira tambien á acercarſe al centro de la tierra por un arco igual *b r* que haria su palanca *siempre descreciente* desde *b u* haſta R *r*.

En ſegundo lugar la potencia *a* tira á moverſe por el arco *a* A en el que su direccion se haria continuamente *menos obliqüa* á la palanca, al paſo que la potencia *b* tira á moverſe por un arco igual *b r* en que su direccion se haria continuamente *mas obliqüa á la palanca.*

Ahora pues si dos *Velocidades iniciales* ſon por otra parte iguales, la que tira á efectuarſe por una palanca creciente y en una direccion menos obliqüa á ella debe vencer á la que tira á efectuarſe por una palanca descreciente y en una direccion mas obliqüa á su palanca.

Luego una Potencia pueſta en *a* debe vencer á otra igual pueſta en *b*; luego una Potencia pueſta en *a* de-

be baxar con un movimiento acelerado hasta A, y obligar á la otra igual puesta en *b* á subir con un movimiento acelerado hasta B.

III.° La Potencia que baxa de *a* á A se pararia en A si sus palancas que crecen desde *a* hasta A en donde dexan de crecer, no hubieran acelerado su movimiento.

Pero en fuerza de la velocidad que ha adquirido pasando del punto *a* al punto A, baxará aun mas abaxo de A por un arco A *m* casi igual al arco A *a*.

Durante este movimiento *a m* la Potencia opuesta sube á *n* en donde tiene la misma ventaja sobre la potencia A que ésta tenia sobre ella quando estaba en *a*.

Luego la Potencia B elevada á *n* tirará á baxar por palancas crecientes y en una direccion menos obliqüa de *n* á B en donde su velocidad adquirida continuará en llevarla hácia *b*.

IV.° Mientras que la Potencia B baxa de *n* á *b* la potencia opuesta vuelve á subir hácia *a* y á tomar su primera disposicion á obrar por palancas crecientes, y en una direccion menos obliqüa.

La misma alternativa de movimiento de *a* hácia *m* y de *m* hácia *a* continuará hasta que las dos Potencias opuestas hayan perdido por el rozamiento del exe y resistencia del aire, todo el movimiento que las ha impreso la inclinacion *a b*, y entonces no llevando ventaja alguna la una á la otra en su primitiva direccion perpendicular á la palanca horizontal A B en la que se vendrán á colocar, volverán á estar en equilibrio y reposo.

V.° Lo mismo y por la misma razon sucederia si las dos masas A y B fueran desiguales y en razon inversa de sus distancias al punto de apoyo, pues en este caso estarian en equilibrio en la postura horizontal de la palanca A B.

Pero le perderian en la direccion *a b* ó *m n* porque entonces una de las Fuerzas opuestas tiraria á moverse por palancas crecientes y en direccion menos obliqüa á estas palancas, al paso que la otra tiraria á mover-

verſe por palancas descrecientes y en una direccion mas obliqüa á ellas.

444. Nota. Habiendo ya explicado por qué la Potencia pueſta en *a* baxa hácia *m*, nos reſta hacer ver que la cauſa que noſotros asignamos á eſte fenómeno es la única que puede ocasionarle.

I.° La Potencia vencedora que obra en *a* contra su rival en *b* se halla algun tanto *mas distante del centro de la tierra* que la Potencia opueſta.

Lexos de aumentarſe su fuerza por eſta poſtura se debilita una quantidad infinitamente pequeña que debe contarſe por nada (364).

II.° La Potencia vencedora que obra en *a* lexos de alargar su palanca por eſta poſtura, la acorta una quantidad infinitamente pequeña, pues que en eſta poſtura el *punto de apoyo* se halla realmente algo mas cerca del punto *a* que del punto *b*.

Luego no debe su ventaja á un aumento de la longitud de su palanca.

III.° La palanca A B puede conſtruirſe de tal modo que *su centro de gravedad* eſté encima del exe ó del punto de apoyo; y entonces el centro de gravedad favorecerá á la Potencia residente en *a*, la que baxará con un movimiento aun mas acelerado en razon de las dos cauſas que le producen.

Pero eſta palanca A B puede tambien conſtruirſe de tal modo que su centro de grávedad eſté colocado en medio del agugero del exe, y entonces el balanceo que tambien se verificará no puede tener otra cauſa que aquella cuya influencia acabamos de moſtrar y explicar.

ARTICULO SEGUNDO.

TEORÍA DE LA POLEA.

445. Descripcion. La *Polea* es un cuerpo circular, móvil ſobre su centro, cuya circunferencia tiene abierta

una especie de *garganta*, carril ó muesca continua en que puede recibir una cuerda ó cadena á la qual por una parte se aplica la Potencia y por otra la Resiſtencia. La Polea se mueve ordinariamente dentro de una *alcoba* ó *armas* G E ſobre un *Exe* G fixado ó en la alcoba ó en la Polea. La Polea es móvil ó inmóvil.

I.° Llámaſe *Polea inmóvil* la que no tiene mas movimiento que al rededor de su centro y ſobre su exe. Tal es la Polea B D C fixada inmóvilmente en los puntos E G. (*Fig.* 58.)

II.° *Polea móvil* es la que se mueve y muda de lugar con el cuerpo que ſoſtiene. Tal es la Polea S E C que ſube ó baxa con el cuerpo R rodando al rededor de su centro G. (*Fig.* 59.)

Sea móvil ó inmóvil la Polea, siempre hace opueſta la accion de la potencia P y la de la Resiſtencia R del mismo modo que la palanca de primera especie. La Potencia P no puede baxar sin que la Resiſtencia R ſuba, y recíprocamente.

Regla unica.

446. *La Polea inmóvil no aumenta la accion de la potencia ni de la resistencia. La móvil dobla la accion de la potencia.*

Demostracion. Para simplificar eſta teoría de la Polea ſupondrémos que las direcciones de la potencia y de la reſiſtencia ſon paralelas entre sí como lo ſon comunmente. Si una de eſtas dos potencias opueſtas se debilita por la obliqüidad de su accion la Polea inmóvil no mudará la fuerza qualquiera de eſta potencia, y la Polea móvil la doblará. (*Fig.* 58 y 59.)

I.° Sea la *Polea inmóvil* B D C fixada por su alcoba en el punto E; éſta Polea es como una *palanca de primera especie* en que la potencia P y la reſiſtencia R eſtan igualmente diſtantes del punto de apoyo G ó del punto de la Polea en que se halla reconcentrada y es detenida toda la peſantez ó toda la accion de las potencias opueſtas P y R.

Haga ó no equilibrio la palanca de la Potencia P es siempre el rádio B G, y la palanca de la Resistencia R el otro radio C G. Luego la potencia P y la resistencia R son abandonadas á sus fuerzas absolutas sin aumento ni disminucion, pues que sus palancas son iguales.

Por otra parte *si el movimiento se efectuase* mientras que la potencia P se moviera por el arco B D, la resistencia R se moveria por el arco igual C D, y asi recíprocamente. Luego las velocidades efectivas ó que tiran á efectuarse son necesariamente iguales tanto en la potencia como en la resistencia. Luego la potencia y la resistencia no adquieren ningun aumento de fuerza en sus revoluciones al rededor de esta máquina.

II.° Sea la *Polea móvil* S E C que sostenga por su chapa el peso R cuya gravedad ó resistencia reside en el centro G de la polea. Esta polea es como una *Palanca de segunda especie.* El punto de apoyo está en S, la palanca de la resistencia es el rádio G S, la de la potencia el diámetro C S. Luego la palanca de la potencia es doble mayor que la de la resistencia. Luego la fuerza de la potencia es tambien al doble mayor.

Si se considera el punto de apoyo en otro punto qualquiera M, la palanca de la resistencia será X M, y la de la potencia N M doble de la primera.

Por otra parte quando la potencia P baxa un pie la resistencia R no sube mas que medio, y quando la resistencia R baxa medio pie la potencia P sube necesariamente uno.

Luego la Potencia tiene siempre una doble velocidad efectiva ó que tira á efectuarse. Luego la Fuerza relativa de la potencia es siempre doble de la fuerza absoluta. (L. Q. P. D.)

LAS POLEAS TRÓCULAS.

447. DEFINICION. Llámanse *Poleas tróculas* ó simplemente *Tróculas* un conjunto ó sistema de Poleas de las quales unas son móviles y otras inmóviles. (*Fig.* 63.)

Las Poleas A y B ſon inmóviles, y las Poleas M N móviles. Eſtas quatro Poleas combinadas entre sí forman una Trócula.

448. Corolario. *Quando una Potencia obra por medio de la Trócula, su fuerza relativa crece como el duplo de Poleas móviles que incluye la Trócula.* (Fig. 63.)

Explicacion. La razon es porque la palanca de la Potencia se dobla en longitud por medio de la primer Polea móvil, del mismo modo por medio de la ſegunda, tercera &c. y por otra parte la Potencia quando el movimiento se efectúa, corre el *duplo del camino* mas que la Reſiſtencia, tantas veces como Poleas móviles tiene la Trócula.

En la Trócula A B N M hay dos Poleas móviles M y N, y quando se efectúa el movimiento entre la potencia P y la reſiſtencia R la *velocidad de la potencia* es quatro veces mayor que la de la reſiſtencia. No se sigue de aqui que por medio de las Tróculas se pueda aumentar al infinito la Fuerza de la potencia; porque quando las Poleas ſon muchas, el rozamiento que ocasionan impide á la potencia mas de lo que la ayudan las nuevas Poleas.

La *construccion de las Tróculas* puede ſer muy diferente de la que repreſenta la Figura que hemos citado. Pero el efecto es siempre el mismo porque éſta máquina eſtá siempre compueſta en parte de Poleas móviles, cada una de las quales dobla la fuerza de la potencia.

ARTICULO TERCERO.

TEORÍA DEL TORNO.

449. Descripcion. El *Torno* es una máquina compuesta de un cilindro ſólido M N á quien se hace dar vueltas ſobre su exe por medio de ciertas palancas en forma de cruz *a b* que ſon como rádios prolongados del cilindro. (*Fig.* 61.)

I.° Quando el árbol ó Cilindro M N al rededor del qual se enrosca la cuerda S R se halla pueſto horizontalmente, éſta máquina se llama *Torno.*

II.° Quando éſte mismo árbol ó Cilindro A B es vertical y perpendicular al horizonte, éſta máquina se llama *Cabrestante.* (*Fig.* 62.)

III.° En lugar de las palancas en forma de cruz *a b* se pone á veces al rededor y unido con el cilindro un gran tambor ó rueda C D, en cuya circunferencia se atravieſan varias clavijas algun tanto diſtantes entre sí á modo de los paſos de una escalera. Eſte tambor sirve de facilitar la accion de la potencia que aplicándoſe ſucesivamente á eſtas clavijas hace dar al cilindro D otras tantas vueltas como da el tambor C D. (*Fig.* 60.)

Si se uſa de eſte tambor, la potencia es freqüentemente el simple peſo de un hombre que caminando por lo interior del tambor de clavija en clavija hace dar vueltas al tambor, y de consiguiente al cilindro.

REGLA UNICA.

450. *Quando una Potencia obra por medio del Torno ó del Cabrestante su fuerza relativa es á su fuerza absoluta como el rádio del tambor ó el rádio prolongado del cilindro á su rádio simple.*

DEMOSTRACION I. La fuerza relativa de una Potencia es á su fuerza abſoluta como la velocidad de éſta Potencia á la velocidad de la Resiſtencia.

Es asi que quando la potencia hace dar una vuelta entera al tambor ó á los radios prolongados del cilindro, la cuerda que ſoſtiene la resiſtencia R no da mas que una vuelta al rededor del cilindro. Luego las velocidades de la potencia y resiſtencia ſon entre sí como eſtas circunferencias que ſon entre sí como ſus radios. (*Math.* 473.)

Luego la fuerza relativa de la potencia, que es como su velocidad comparada con la de la resiſtencia, excede á su fuerza abſoluta otro tanto, como el radio por

el que obra excede al radio del cilindro hácia el qual ó al rededor del qual se mueve la resiſtencia. (L.Q.P.D.)

DEMOSTRACION II. Eſta Regla es ſolamente una simple aplicacion de la teoría de la Palanca á una Máquina que no es mas que una palanca de primera ó ſegunda especie ſegun que la Potencia obra del lado de la Resiſtencia ó del opueſto. No hay que hacer pues mas que obſervar el mecanismo de la palanca en eſta máquina para convencernos de la verdad de la regla propueſta. (*Fig.* 61.)

Se puede considerar el *Cilindro* M N como una polea inmóvil de mucho grueſo ó diámetro cuya chapa es M N. El centro de gravedad y el punto de apoyo eſtá por todas partes en el exe del cilindro, la palanca de la resiſtencia es el radio del cilindro, la palanca de la potencia es el radio prolongado *r a* del cilindro ó el mismo radio del tambor que rodea é incluye eſte cilindro.

Luego ſuponiendo iguales las fuerzas abſolutas de la potencia y de la resiſtencia, la fuerza relativa de la potencia ſerá á su fuerza abſoluta como su palanca á la palanca de la resiſtencia.

Luego la fuerza relativa de la potencia ſerá á su fuerza abſoluta como el radio del tambor, ó como el radio prolongado del cilindro es á su radio simple. (L. Q. P. D.)

451. COROLARIO. *Quanto mayor es el radio del Tambor ó de las Palancas cruzadas, y menor el radio del Cilindro, mayor es la fuerza ó la accion de la Potencia que obra por medio de esta Máquina.*

De ſuerte que si el radio del Tambor ó de la palanca es veinte ó treinta veces mayor que el radio del cilindro, la fuerza relativa de la potencia ſerá veinte ó treinta veces mayor que su fuerza abſoluta.

I.° Se ſupone que la Potencia exerce siempre su accion en una *direccion perpendicular á su palanca*, óen una direccion que ſeria la tangente del Tambor ó del radio prolongado que sirve de palanca á la potencia.

Porque si la Potencia obra en una *direccion obliqüa* al radio que le sirve de palanca, su Fuerza relativa des-

crece como los Senos de los ángulos que forman con su palanca ſus diferentes direcciones. (440.)

Asi ſuponiendo que la fuerza relativa de la Potencia perpendicular á la palanca necesita ſer treinta veces mayor que su fuerza abſoluta, si obra por la misma palanca baxo de un ángulo cuyo ſeno ſea la mitad del ſeno total su fuerza relativa ſerá ſolo quince veces mayor.

II.° En toda eſta teoría se prescinde del Rozamiento el qual lucha contra la potencia y conſtituye parte de la resiſtencia. Hablarémos de él al fin de eſte Tratado.

MOLINOS DE VARIAS ESPECIES.

452. APLICACION I. El mecanismo de los Molinos de café, de agua y de viento, y el de los Aſadores de torno se reduce al del Torno.

I.° En el *Molino de Café* y de pimienta, el radio de la manija es la palanca de la potencia, y el radio de la pera ó nuez cubierta de dientes es la palanca de la resiſtencia. La resiſtencia es la ſuma de todos los granos contra los que obra la nuez, y el punto de apoyo el exe de la nuez.

II.° En los *Molinos de Agua* el impulſo de éſta que corre con un movimiento acelerado es la potencia, el árbol horizontal es el cilindro cuyo exe incluye asi el puntó de apoyo como el centro del movimiento que se debe imprimir á la resiſtencia. Las muelas que se han de mover, y los granos que se quiere moler ſon la resiſtencia.

Las grandes ruedas que unidas al cilindro se hacen á cada inſtante *perpendiculares al impulso del agua*, preſentan sin ceſar largas palancas á la potencia: los dientes del cilindro que mueven las ruedas por las que ſon movidas las muelas preſentan palancas menores á la resiſtencia. Mediante el mismo mecanismo en fuerza del que se mueven las *Muelas de los Molinos* se mueven tambien los machos de las ferrerías, los mazos con que se muele el trapo para hacer papel, los de los batanes, las

ruedas que mueven los molinos de seda, y otros varios.

III.° En los *Molinos de viento* el impulso de éste hace el oficio de Potencia: lo restante del mecanismo general de ésta especie de molinos es poco mas ó menos lo mismo que el de los de agua.

IV.° Los *Asadores de torno* son tambien Tornos que se mueven, ó por medio de un resorte que se despliega, ó por medio de un peso que gravita á la extremidad del radio horizontal de una rueda ó un tambor, y que á veces es el de un perro metido en el tambor, ó por el impulso del *vapor del fuego* que hace contra una rueda compuesta de chapas obliqüas al horizonte el mismo exfuerzo que el viento contra las aspas de un molino.

MECANISMO DE LA GRUA.

453. Aplicacion II. La *Grua* es una máquina que sirve para levantar grandes pesos á grandes alturas. Consiste en un Torno construido de tal modo que toda la parte C D H P N K está apoyada y puede dar vueltas en un quicio K, de suerte que quedando en la misma postura la parte inferior S de esta máquina, la parte superior P N se la vuelve ó dirige como se quiere al Oriente, ó al Poniente, al Norte ó Medio dia. (*Fig.* 60.)

La Cuerda que sostiene el peso R pasa por las poleas inmóviles N y P segun se va enroscando espiralmente al rededor del cilindro D H. Quando el tambor movido por la potencia da una vuelta entera, la cuerda describe tambien una espira al rededor del cilindro y la resistencia R se levanta ó baxa una quantidad igual á esta espira.

Asi en la Grua la velocidad de la potencia es á la de la resistencia como la circunferencia del tambor á la del cilindro, ó como el radio del tambor al del cilindro. Y de consiguiente la Fuerza relativa de la potencia es á su fuerza absoluta como el radio del tambor al del cilindro.

RUE-

RUEDAS DENTADAS.

454. APLICACION III. El mecanismo de las *Ruedas dentadas* se reduce tambien al del Torno; sirven eſtas para transmitir el movimiento creciente ó descreciente de un cuerpo á otro; para aumentar ó disminuir al infinito la fuerza relativa de la Potencia ó de la Resiſtencia. Por exemplo: (*Fig.* 65.).

Sea la Potencia P que tira á levantar la resiſtencia R por medio de las ruedas F E D. Eſtas tres Ruedas se mueven ſobre su exe inmóvil, como una polea inmóvil se mueve en su alcoba.

I.° Mientras que la rueda F pueſta en movimiento por la potencia P da una vuelta entera ſobre su exe, su Piñon dentado O no hará dar mas que una pequeña parte de vuelta á la rueda dentada E que engarganta en el *Piñon* O.

II.° Mientras que la rueda dentada E dé una vuelta entera, su Piñon N no hace dar mas que una pequeña parte de vuelta á la rueda dentada D que engarganta en el Piñon N.

III.° Mientras que la rueda dentada D dé una vuelta entera, la cuerda que ſoſtiene la resiſtencia R no rodeará mas que una vez la circunferencia del pequeño piñon ſaliente M: y el cuerpo R no se moverá mas que una quantidad igual á eſta pequeña circunferencia M.

Mediante eſte mecanismo la Potencia P tendrá una fuerza mucho mayor que la resiſtencia R, y su fuerza relativa ſerá á su fuerza abſoluta como su velocidad á la de la resiſtencia.

Por exemplo: Supongamos en el piñon ſaliente O diez veces menos dientes que en la rueda E; en el piñon N diez veces menos que en la rueda D; en el piñon M una circunferencia diez veces menor que la de la rueda D. La velocidad de la Rueda F ſerá diez veces mayor que la de la rueda E; cien veces mayor que la de la rueda D, y mil veces mayor que la del piñon M que levanta la resiſtencia R.

Por el contrario si la resiſtencia R baxaſe, la Potencia F ſubiria con una velocidad mil veces mayor.

IV.° Si al piñon M se ſuſtituye una rueda dentada X que engargantaſe en un cilindro ó un paralelopípedo ó barra dentada Y Z se tendria una Máquina con la que se levantarian peſos inmenſos. Eſta es la que llaman *Cric* ó *Gato.*

Para dar movimiento á eſta máquina se uſa de una manija que viene á ſer una palanca cómoda y ventajoſa á la potencia cuya accion aumenta. Tambien se puede uſar de una *Rosca sin fin*, y entonces será neceſario que la primera rueda F sea tambien dentada.

LA ESPIRA Ó CARACOL DE LAS MUESTRAS Y PENDULOS.

455. Aplicacion IV. En las Mueſtras y Péndulos de muelle se nos preſenta un fenómeno digno de atencion: á ſaber *una Fuerza siempre retardada que produce un efecto siempre uniforme.* (Fig. 64.)

I.° La Potencia que pone en movimiento todo el artificio interior de una Mueſtra ó Péndulo es el *Muelle.* Eſte Muelle A M B es una chapita de acero eláſtico arrollada ó enroscada en sí misma, metida dentro de un *Cubo*, *Barrilete ó Tambor* al que hace dar vueltas extendiéndoſe en fuerza de su elaſticidad (232), y al rededor del qual se enrosca eſpiralmente la cadena que mueve todas las ruedas.

Eſte muelle eſtá en su *mayor fuerza* quando eſtá en su mayor compresion, y á medida de que se eſtiende se disminuye su fuerza. Deberia pues imprimir á todas las Ruedas de la mueſtra ó del péndulo un movimiento cada vez mas débil y mas lento, y hacer las horas que ſeñala por medio de las manecillas cada vez mas largas desde su mayor compresion haſta su total eſtension. Y asi efectivamente ſucederia si la Espira no remediaſe este inconveniente.

II.° La *Espira* N es una eſpecie de Torno en forma de cono truncado móvil ſobre su exe C D. Al rededor de eſte cono eſtan abiertas varias espiras ſobre las

quales se enrosca la cadena B. La resiſtencia de todas las ruedas que se han de mover se reconcentra y reside en el exe C D de eſte cono.

El Muelle que tira de la cadena y que desplegándose mueve la espira, tiene ſucesivamente por palancas los diferentes radios *d n*, D N que van creciendo desde C haſta D. Quando el muelle eſtá en su mayor fuerza tira de la cadena y mueve las ruedas por medio de radios ó palancas menores *d n*; y quando su fuerza es menor tira de la cadena y mueve las ruedas por medio de radios ó palancas mayores D N.

III.° La habilidad del Reloxero consiſte en conſtruir de tal modo la Eſpira que ſus radios se aumenten en la misma proporcion que la fuerza del muelle se disminuye.

Si los radios de la Espira creciefen en *mayor proporcion* que en la que la fuerza del Muelle se disminuye, el movimiento de las ruedas seria mayor á medida de que la fuerza del muelle fuera mas débil. Las revoluciones horarias de las manecillas serian en eſte caſo cada vez mas rápidas y cortas, y una Fuerza siempre deſcreciente produciria un efecto siempre creciente.

Si los radios de la Eſpira creciesen en una *proporcion menor* que en la que la fuerza del Muelle se disminuye, el movimiento de las ruedas iria retardándoſe cada vez mas, y las revoluciones horarias de las manecillas ſerian sin ceſar mas lentas y mas largas de lo que es neceſario para dividir exâctamente el tiempo.

Para hallar la *proporcion exâcta* de la fuerza deſcreciente en el Muelle con la de los radios crecientes en la Eſpira, no hay medios ſuficientes de prueba porque no siendo nunca los Muelles regladamente flexîbles y elásticos en toda su extension, la teoría no puede dar ninguna regla fixa ſobre eſte objeto.

ARTICULO QUARTO.

TEORIA DEL PLANO INCLINADO.

456. Descripcion. El *Plano inclinado* es un plano que forma un ángulo mas ó menos agudo con el horizonte: Si la línea B C repreſenta el horizonte, y la línea A B una tabla ó camino: A B será un plano inclinado, y el ángulo agudo A B C ſerá el ángulo de su inclinacion. (*Fig.* 51.)

I.° Si permaneciendo fixo el punto B, el plano A B se moviese de A á C, la inclinacion del plano se diſminuirá haſta C en donde no seria ya plano inclinado sino horizontal.

II.° Si permaneciendo fixo el punto B, el plano A B se moviera de A á M, la inclinacion del plano se aumentaria haſta M, en donde no seria ya plano inclinado sino vertical.

III.° Llámase *Longitud del plano inclinado* la línea ó ſuperficie A B que corta obliqüamente el horizonte. Llámase *Altura del plano inclinado* la línea ó ſuperficie A C que corta el horizonte perpendicularmente.

457. Experiencia. Sea un *Globo* R pueſto ſobre un plano inclinado A B C, ſoſtenido por una cuerda H D la qual paſa por una polea D.

I.° Un cuerpo de menor peſantez que el cuerpo A hace equilibrio en P con el cuerpo R.

Luego *el Plano inclinado sostiene ó destruye una parte de la pesantez del cuerpo apoyado sobre él.*

II.° Quanto mas agudo sea el ángulo de inclinacion A B C, menos necesita peſar el cuerpo ſuſpendido en P para hacer equilibrio con el cuerpo R.

Quanto mas éſte ángulo de inclinacion A B C se acerca al ángulo recto M B C, mas peſantez necesita tener el cuerpo ſuspendido en P para hacer equilibrio con el cuerpo R.

Luego *el Plano inclinado sostiene ó destruye una quan-*

tidad de la pesantez del cuerpo que está sobre él, tanto mayor quanto el ángulo de inclinacion A B C *es menor, y recíprocamente.*

III.° Si el cuerpo ſuspendido en P hace equilibrio con el cuerpo R obrando en la direccion H D paralela al plano A B, eſte cuerpo dexa de hacer equilibrio con el opuesto R por quien es arraſtrado desde que la direccion de la línea H D dexa de ſer paralela al plano.

Luego *la Potencia* P *está en su mayor fuerza quando la direccion* H D *en la qual tira del cuerpo opuesto, es paralela al Plano inclinado.*

IV.° Si el Móvil R es ſoſtenido ſobre un Plano inclinado por una cuerda D H, éſte móvil se moverá á la derecha ó á la izquierda ſobre el plano, ſea rodando, ſea deslizándoſe haſta que *el Radio de apoyo R E* y el de *tiro R H D* se hallen *en un mismo plano* tirado del centro de gravedad al de la tierra perpendicularmente al horizonte.

La razon es porque la gravedad residente en R tira neceſariamente á acercarſe sin ceſar al centro de la tierra al que puede irse acercando, haſta que el radio R E y el radio R H eſten en un mismo plano perpendicular al horizonte.

458. COROLARIO I. *El movimiento de un Cuerpo que baxa á lo largo de un Plano inclinado es menor que si este cuerpo baxase libremente en una direccion perpendicular al horizonte.* Porque la parte de gravedad que es ſoſtenida ó deſtruida por el Plano inclinado, no se emplea en precipitar eſte cuerpo hácia el centro de la tierra. (*Fig.* 51.)

Supongamos que el plano A B ſoſtiene ó deſtruye una tercera parte de la gravedad del Cuerpo R. Eſte Cuerpo que cayendo libremente en una direccion perpendicular al horizonte se acercaria quince pies al centro de la tierra en el primer Segundo de su caida, no se acercará mas que diez pies moviéndoſe en la direccion del Plano inclinado, reſpecto de que el efecto es siempre proporcional á la cauſa y que la cauſa se ſupone una tercera parte menor.

459. COROLARIO II. *Un Cuerpo que baxa por un Plano inclinado en virtud de su gravedad, acelera su movimiento segun la progresion de los números impares.*

La razon es porque las partes semejantes ſon entre sí como los Todos; y la parte de gravedad que no es deſtruida por el Plano exerce y acumula ſus impulsiones contra el móvil, como las exerceria y acumularia toda su gravedad si toda obrase contra él.

REGLA UNICA.

460. *Quando una Potencia lucha contra un cuerpo apoyado sobre un Plano inclinado, su fuerza relativa es á su fuerza absoluta como la longitud del plano es á su altura.* (Fig. 51.)

DEMOSTRACION. La gravedad que lucha contra la Potencia P reside y hace su exfuerzo en R. El punto de apoyo eſtá en E. La palanca de la Potencia P es el radio R E que es la perpendicular tirada del punto de apoyo á la direccion R D de la potencia (437): la palanca de la Resiſtencia R es la línea E F que es la perpendicular tirada del punto de apoyo á la direccion R B de la resiſtencia.

Eſto ſupueſto raciocino asi: La *Fuerza relativa* de la potencia es á su fuerza absoluta como su palanca R E á la palanca E F de la resiſtencia (427). Es asi que la palanca R E de la potencia es á la palanca F E de la resiſtencia como la longitud A B del Plano inclinado á su altura A C; y lo demueſtro.

I.° Los Triángulos R E F y A B C son ſemejantes: luego asi como la hipotenuſa R E del primero repreſenta la palanca y la fuerza relativa de la potencia P, la hipotenuſa A B del ſegundo repreſenta la palanca y la fuerza relativa de la misma potencia. Demueſtro el antecedente. Los Triángulos R E F y A B C ſon ſemejantes entre sí; si son ſemejantes cada uno á un tercer triángulo R B E: luego los dos primeros ſon ſemejantes cada uno á eſte último R B E, y lo demueſtro.

En primer lugar el triángulo R E F es ſemejante al

triángulo R B E pues tienen cada uno un ángulo recto y el ángulo B R E les es comun á uno y á otro. (*Math.* 401.)

En segundo lugar el triángulo A B C es tambien semejante al triángulo R B E porque estos dos triángulos tienen cada uno un ángulo recto, y el ángulo B A C del primero es igual al ángulo R B E del segundo; pues estos dos ángulos son alternativos-internos entre dos paralelas R B y A C que son dos perpendiculares, tiradas la una del centro de gravedad R hácia el centro de la tierra, y la otra de la extremidad superior del plano A B á el horizonte. (*Math.* 359.)

II.° Luego supuesto que la Fuerza relativa de la potencia es á su fuerza absoluta, como la línea R E que es la palanca de la potencia es á la línea E F que es la palanca de la resistencia; la fuerza relativa de la potencia será igualmente á su fuerza absoluta, como la línea A B que es la longitud del plano á la línea A C que es su altura. Pues siendo semejantes los triángulos R E F y A B C hay esta proporcion R E : E F : : A B : A C. (*Math.* 403.)

En esta proporcion la primera razon expresa la relacion de la potencia á la resistencia; ó la relacion de la fuerza relativa de la potencia á su fuerza absoluta. Luego la segunda razon que es igual á la primera expresa tambien la misma relacion. (*Math.* 168.)

Luego por medio del Plano inclinado la fuerza relativa de una potencia qualquiera es á su fuerza absoluta como la longitud del Plano es á su altura. (L.Q.P.D.)

461. COROLARIO. *Quando un Cuerpo camina por un plano inclinado, su gravedad restante es á su gravedad total como la altura del plano á su longitud.*

Porque su gravedad ó pesantez relativa descrece necesariamente tanto como crece la fuerza relativa de la potencia que le sostiene.

Asi si un cuerpo que pesa 100 libras descansa sobre un plano inclinado cuya altura sea = 5, y la longitud = 10, este cuerpo no lucha contra la potencia opuesta mas que como si tuviese solamente la mitad de su peso; y un peso de 50 libras en P hará equilibrio con el peso R de 100 libras.

Suponemos aqui que el peso puesto en P que hace veces de potencia obra en la direccion mas ventajosa, esto es en la direccion H D paralela al plano inclinado. Porque si la potencia P obra en una *direccion obliqüa al Plano*, su fuerza se disminuye como el seno del ángulo que forma su direccion con el Plano (439).

462. Objeccion. La fuerza de la Potencia no puede hacerse relativamente mayor sino á proporcion de que su velocidad es mayor que la de la Resistencia: es asi que sobre un plano inclinado la potencia y la resistencia tienen necesariamente una misma velocidad, pues mientras que la resistencia anda subiendo la línea H D la potencia anda una línea precisamente igual: Luego la fuerza de la potencia no debe crecer por medio del plano inclinado. (*Fig.* 51.)

Respuesta. Quando un Cuerpo sube ó baxa por un Plano inclinado tiene un Movimiento en parte horizontal y en parte vertical.

El *Movimiento horizontal* no resiste en nada á la potencia prescindiendo de los rozamientos. Solo pues el *Movimiento vertical* es el que se debe considerar aqui relativamente á la potencia que lucha toda entera contra él.

Comparemos la velocidad vertical del móvil R con la velocidad total de la potencia P, y hallarémos que la primera es á la segunda como la altura del Plano á su longitud. Porque mientras que el móvil R anda juntamente con la potencia el espacio B A, no sube hácia el Zenit mas que la quantidad C A.

RUEDAS DE LOS CARRUAGES Y CARRETONES.

463. Observacion. En los coches, carros y demas carruages el camino sirve de punto de apoyo á la pesantez, asi como el plano inclinado A B C sirve de punto de apoyo al globo R.

I.° Asi como en el *Globo* R la pesantez reside y obra en el centro de gravedad R, asi en los carruages la pesantez reside y obra en el centro de las ruedas.

El

El *Radio vertical* R A ſoſtiene todo el peſo de la carga quando las ruedas repoſan en un plano horizontal M N. (*Fig.* 67.)

II.° En las Ruedas de carruage se llama *Exe* la pieza tranſverſal de madera ó hierro que terminada en cilindro paſa por su centro; *Cubo* la abertura circular en que entra eſte cilindro; *Línea de tiro* la direccion en la que obra la potencia que hace mover las ruedas, la qual denota la viga en el carro, la lanaz en el coche &c.

Claro eſtá que el exe puede ſer llevado hácia adelante, y que llevado hácia adelante forzará á la rueda á rodar ſobre sí misma, en cuyo caſo cada rayo eſtará sucesivamente cargado con todo el peſo.

III.° Sea la Rueda A B C D apoyada ſobre un plano horizontal M N; la línea A P repreſente y expreſe la línea del tiro. En eſte caſo toda la peſantez de la carga reside en R y camina ſobre el rayo R A del punto de apoyo A. Supongamos en A un guijarro ſobre el qual camina el rayo R *a*.

A medida de que la potencia P tira de la rueda, éſte guijarro *a* se va haciendo el punto de apoyo: R *a* es la palanca de la potencia, *a* H la de la resiſtencia. La peſantez R de la carga no puede paſar de la direccion R A á la nueva direccion R *a* sin elevarſe el espacio A H.

IV.° De eſta teoría reſulta evidentemente *que por medio de la Rueda prescindiendo de los rozamientos la fuerza relativa de la Potencia P es á su fuerza absoluta como la palanca* a *R de la potencia es á la palanca* a *H de la resistencia.*

464. NOTA I. Como la accion de una Potencia que obra por medio de una ó muchas ruedas es ſusceptible de muchas modificaciones diferentes, conviene obſervar aqui las principales, con cuya ſucinta explicacion se podrán fácilmente entender todas las demas. (*Fig.* 67.)

I.° Si la Rueda fuera perfectamente circular, si eſtuviera pueſta ſobre un Plano horizontal perfectamente unido y ſólido, sino hubiera ningun rozamiento del exe con los cubos, la fuerza relativa de la Potencia creceria como

al infinito por medio de eſta máquina ; pues que la palanca de la potencia eſtaria á la de la reſiſtencia como el radio R A al ſolo punto A.

Pero como las ruedas herradas con grueſos clavos de trecho en trecho no ſon bien redondas , como los caminos desiguales por sí se hacen aun mas por el peſo del carruage que se mete por ellos, como finalmente es muy grande el rozamiento del exe con los cubos , eſte aumento de fuerza relativa en la potencia debe disminuirſe muy considerablemente.

Por exemplo quando la Rueda en vez de tocar el camino en un ſolo punto A le toca en la longitud de un pie *n a*, si la palanca R *a* de la potencia es de quatro pies, la palanca *a* H de la reſiſtencia ſerá de medio pie.

Y asi la fuerza relativa de la potencia ſolo ſerá ocho veces mayor que su fuerza abſoluta , de lo qual ſerá neceſario todavia quitar lo que pierde la potencia en vencer la reſiſtencia de los rozamientos.

II.° Para que la Potencia eſté en su *mayor fuerza*, es neceſario que su impulſo R P ſea perpendicular al radio R A ó R *a* que termina en el punto de apoyo, lo que no siempre ſucede.

Si la Potencia obra en la direccion R *p* , su impulſo se hace obliqüo al rayo ó palanca R A , y en eſte caſo su fuerza descrece como los ſenos de los ángulos que forma con su palanca. (439)

Quando la potencia obra en la direccion R *p* ſobre la palanca ó rayo R A , su accion se divide en dos partes R D y R *r*, de las que una R *r* se emplea en oprimir la rueda contra el camino en levantarla hácia el zenit , eſta parte de la accion de la potencia no sirve para mover la Rueda en la direccion de la misma potencia.

Por eſto se ve que las ruedas mas ventajoſas á la Potencia ſon aquellas cuyo rayo iguala en altura á la de la línea de tiro R P.

III.° Quando se quieren conducir grandes peſos , las *Ruedas grandes* ſon preferibles á las pequeñas y tambien á la combinacion de pequeñas y grandes , con tal de que

el rayo de las grandes no ſuba por encima de la línea de tiro.

La razon es; porque en primer lugar las ruedas grandes se meten en la tierra proporcionalmente menos que las pequeñas y dan proporcionalmente menor palanca á la resiſtencia: en ſegundo la línea de tiro es perpendicular al rayo de las ruedas grandes al paſó que es obliqüa, y por consiguiente en una direccion desventajoſa al rayo de las ruedas pequeñas. En los Coches las ruedas pequeñas ſon neceſarias para facilitar las evoluciones.

IV.° Quando una rueda se mueve por un *Terreno inclinado* resiſte mas á la potencia que ſube, y menos á la que baxa. Es muy fácil comprehender la razon de eſte pequeño fenómeno. (*Fig.* 51.)

Quando la rueda ſube en la direccion R D, la gravedad reconcentrada en R tiene ſu punto de apoyo en E. La palanca de la potencia es R E y la de la resiſtencia E F, la qual es tanto mas grande quanto mayor es la inclinacion.

Quando la rueda baxa en la direccion R V, la potencia V y la resiſtencia R dexan de ſer opueſtas. Obran entonces en una misma direccion, la una por la palanca R E, y la otra por la palanca F E. En eſte caſo la potencia V lejos de tirar de la Rueda es obligada á resiſtir á ella, pues éſta por ſola la gravedad de la carga que ſoſtiene tira á caminar hácia adelante desde E á B.

Quando la inclinacion es grande y el camino muy ſólido hay necesidad de atar la rueda para impedir que se mueva de otro modo que resbalando ſobre un mismo punto E, lo que ocasiona un rozamiento continuo que impide á la carga precipitarſe con un movimiento acelerado ſobre las beſtias que tiran del carruage.

465. Nota II. El Carreton es una palanca de ſegunda especie, (424) cuyo punto de apoyo se ha hecho móvil por medio de la rueda. (*Fig.* 67.)

Eſté el peſo que se quiere llevar en D; la palanca de la potencia que eſtará en P ſerá P R, y la de la resiſtencia D R.

Luego la fuerza relativa de la potencia ferá á su fuerza abfoluta como P R á D R. Y asi en efta Máquina quanto mas cerca eſté del punto de apoyo R A el pefo que se quiere llevar, mas se aumentará la fuerza relativa de la potencia P.

ARTICULO QUINTO.

TEORIA DE LA ROSCA.

466. Descripcion. El Husillo es un cilindro fólido K H en el qual se ha abierto una rosca que da vueltas en línea espiral. (*Fig.* 52.)

La parte faliente *a o d* colocada entre las diferentes vueltas de efta rosca se llama el *Filete* del husillo, y la diftancia *a d* que hay de un filo á otro se llama el *Paso* del *husillo.*

Se hace tambien efte filete y efta rosca en una Cavidad cilíndrica para hacer un husillo interior: y quando eftas dos especies de Husillo eftan de tal modo proporcionadas que el filete de la una puede moverfe en la rosca de la otra, y asi recíprocamente; la que eftá hueca se llama *Tuerca*; la parte convexâ y la parte cóncava de efta máquina ó el Husillo y la Tuerca se llaman comunmente *Rosca.* (a)

I.° Unas veces el Husillo folo se mueve en la Tuerca inmóvil: tales fon los *Tornillos* de los Cerrageros en que el Husillo movido por medio del palillo que sirve de palanca á la potencia, cierra una quijada contra otra con una fuerza inmenfa; tales fon tambien los *Tornillos* que unen las diferentes piezas de la llave de un fusil, que se aprietan tambien por medio de palancas. Tal es comunmente el Husillo de que se ufa en las Prenfas de imprimir.

(a) Acaso se llamaria con mas razon á toda esta máquina *Prensa.*

II.° Otras veces la Tuerca ſola se mueve en el husillo inmóvil: tales ſon algunas prenſas de que uſan los Encuadernadores de libros.

III.° A veces tambien el husillo y la tuerca se mueven á un tiempo uno contra otro por la accion de dos potencias, de las quales una mueve el husillo y otra á la tuerca.

IV.° Las Bocas de los Barrenos y Taladros deben tambien considerarſe como *Husillos* cuyas espiras descrecientes cortan la madera tanto mas fácilmente quanto ſon mas agudas y cortantes. En eſtos inſtrumentos el mango sirve de palanca á la potencia.

REGLA UNICA.

467. *En esta máquina si se prescinde del rozamiento que es muy considerable, la fuerza relativa de la Potencia es á su fuerza absoluta como la suma de todas las circunferencias espirales del husillo á su altura.* (Fig. 52.)

Demostracion. Sea el husillo H K vertical, horizontal, ú obliqüo al horizonte, aplicado á levantar, baxar ú oprimir un cuerpo que ſerá la resiſtencia.

Es evidente que la resiſtencia R no puede ſubir de H á K, ó baxar de K á H sin que la potencia aplicada en K ó R haga tantas revoluciones como filetes ó roscas espirales hay entre H y K. Luego la potencia tendrá una velocidad que ſerá á la de la resiſtencia como la ſuma de todas las circunferencias espirales del husillo á su altura K H.

Es asi que la *Fuerza relativa* de la potencia es á su fuerza abſoluta como su velocidad á la de la resiſtencia: Luego la fuerza relativa de la potencia en eſta máquina es á su fuerza abſoluta como la ſuma de todas las circunferencias espirales del husillo interior ó exterior á quien mueve á la altura del mismo husillo. (L. Q. I. D.)

468. Corolario I. Se puede decir tambien que en eſta Máquina *la fuerza relativa de la potencia es á su fuerza absoluta como un filete ó una espira del husillo es á un paso*

del mismo, pues que un filete es á un paſo del husillo como laſuma de todos los filetes á la ſuma de todos los paſos. (*Math.* 222.)

469. Corolario II. En la Rosca *quanto mayores sean los filetes y menores los pasos mas se aumentará la fuerza relativa de la potencia.* Porque la velocidad de la Potencia se hace tanto mayor, y la velocidad de la Reſiſtencia tanto menor quanto las espiras ſon mas largas y ſus diſtancias mas cortas.

470. Corolario III. El palo grueſo y largo K M viene á ſer una palanca que aumenta tambien la fuerza relativa de la potencia, pues ínterin que la potencia da una vuelta entera al rededor del radio K M, la resistencia opueſta no ſube nì baxa mas que la quantidad de un paſo *a d.*

Asi en la Rosca *quando la potencia obra por medio de una palanca, su fuerza relativa es á su fuerza absoluta como una circunferencia descrita por el radio ó palanca K M es á un paso del husillo*; eſto es en nueſtro caso al paſo *a d.*

471. Objeccion. Quando el Cuerpo R ſube de H á K deberia siempre baxar en fuerza de su gravedad en el inſtante mismo en que la potencia dexa de obrar; lo que con todo no siempre ſucede.

Respuesta. Quando el cuerpo R ſube de H á K, su peſantez es ſoſtenida por otros tantos planos inclinados como filetes del husillo eſtan introducidos en ſus roscas.

Eſtos pequeños planos inclinados ſoſtienen ó deſtruyen una gran parte de la peſantez de eſte cuerpo. (457.) La parte reſtante de éſta peſantez tira á hacer baxar eſte cuerpo; pero su accion se deſtruye por la resiſtencia que le opone el rozamiento.

LA ROSCA SIN FIN.

472. Descripcion. La *Rosca sin fin* se reduce á un cilindro espiral A B cuyos filetes engargantan sin fin en

una Rueda dentada D. Eſta Rueda dentada puede tener si se quiere, un pequeño cilindro ſaliente D, al rededor del qual se enrosque ſucesivamente la cuerda que levanta el peſo R. (*Fig.* 53.)

Mientras que la cigüeña *m n* da una vuelta, el husillo A B da tan ſolamente un paſo, y la rueda dentada D anda ſolo el espacio que media de un diente á otro.

Mientras que la rueda dentada da una vuelta entera, la cuerda que ſoſtiene la resiſtencia R da tan ſolamente una pequeña vuelta al rededor del cilindro ó piñon ſaliente D.

Se ve claramente que eſta máquina puede ſer de mucha utilidad ſea, por la comodidad con que se obra con ella, ſea por el aumento de fuerza que da á la potencia.

La Rosca de Archimedes.

473. Descripcion. No se necesitaba nada menos que el poderoſo y fecundo ingenio de Archîmedes para imaginar una Máquina en que la Gravedad misma que hace baxar los Cuerpos sirvieſe para hacerlos ſubir. Eſta Máquina se compone de un *Cilindro* H B inclinado al horizonte móvil ſobre dos puntos de apoyo A y E, y de un *canal* B C D M *r* que rodea el cilindro en líneas espirales. (*Fig.* 54.)

I.° Para comprehender la teoría de eſta máquina es neceſario atender á que ínterin la potencia por medio de una palanca ó cigüeña hace dar vueltas al cilindro ſobre ſus dos quicios ó puntos de apoyo A y E en la direccion D *n* C, cada punto D del *Canal espiral* se halla ya al zenit ya al nadir, ya en el horizonte relativamente al exe A E del cilindro.

II.° Sea pues una bala pueſta en el canal espiral en B C. Quando éſta extremidad del canal eſtá á la altura del exe del cilindro, la bala por su gravitacion se precipitará baxo del exe del cilindro en B.

Como el Cilindro da vueltas sin ceſar en la direc-

cion D *n* C, el punto B del canal paſa del nadir al zedit del cilindro, y la bala en vez de ſubir con el punto B mas arriba del cilindro se precipita por su gravedad en la parte del canal que eſtá baxo del exe del cilindro en D.

Mientras que el punto D ſube del nadir al zenit del cilindro, la bala continua en precipitarſe por su gravedad baxo del exe del cilindro, y quando eſte punto D ha acabado de dar su vuelta, la bala se halla baxo del exe de dicho cilindro en el punto M, y asi progresivamente haſta el punto *r* en que eſtá la extremidad ſuperior del canal espiral.

Quando eſte punto *r* ó eſte horificio del canal espiral ſube del nadir al zenit del cilindro, la bala en lugar de ſubir con él se escapa baxo del exe del cilindro; pero ya no la retiene el canal espiral que se ha acabado. Asi la bala ſube del punto B á *r* en virtud de su peſantez que la impele sin ceſar á precipitarſe baxo del exe del cilindro.

III.° Fácilmente se comprende que si la extremidad B C del canal espiral eſtá metida en un rio ó en un pozo, el agua por su pesantez se precipitará continuamente del mismo modo que la bala debaxo del exe del cilindro en B, en D, en M y en *r*, de donde correrá sin ceſar formando un caño mayor ó menor ſegun la capacidad del canal durante todo el tiempo que el Cilindro diere vueltas ſobre su exe.

ARTICULO SEXTO.

TEORÍA DE LA CUÑA.

474. DESCRIPCION. La *Cuña* es un Cuerpo duro compueſto de cinco Planos, de los que los tres ſon paralelogramos y los dos triangulos. (*Fig.* 68.)

I.° Los dos paralelogramos C D A *a*, y B F A *a* reu-

reuniéndose en A *a* forman un ángulo F A D que se llama la *Punta* ó *Corte* de la Cuña. (*Fig.* 68.)

El plano opuesto al Corte á saber D B F C se llama la *Base* ó *Cabeza* de la Cuña.

La distancia A H de la punta á la cabeza de la Cuña es la *Altura*, y la distancia F D su *anchura.*

II.° La Cuña sirve para rajar ó dividir cuerpos duros. Se introduce por medio de una pequeña hendidura en el cuerpo que se quiere dividir, y entonces se da un fuerte golpe en la cabeza de la Cuña en la direccion del exe para obligar á la Cuña á meterse por entre las partes que se quiere separar.

El *Exe de la Cuña* es una línea recta tirada del medio de su corte A *a* al medio de su base B C D F.

475. Nota I. El Macho ó Mazo con que se da en la cabeza de la Cuña siendo por otra parte todas las cosas iguales tiene una fuerza motriz tanto mayor quanto mayor es el arco por el que se mueve, ó la vuelta que se toma para venirle á descargar sobre la cabeza de la Cuña.

La razon es porque la Potencia le imprime el movimiento por medio de exfuerzos sucesivamente reiterados, cuya suma se hace tanto mayor quanto el arco que se ha de correr da mas tiempo á la Potencia de exercer y repetir sus exfuerzos.

Y asi el macho ó mazo descarga sobre la Cuña con una suma de movimiento acelerado que es el efecto y resultado de todos los exfuerzos sucesivos de la Potencia que le ha movido.

476. Nota II. La Cuña es una máquina muy sencilla en sí, pero cuyo mecanismo es mas difícil de entender que el de ninguna otra.

Porque las otras Máquinas presentan á la vista y al entendimiento *Puntos de apoyo* fixos y determinados á los que se refieren fácilmente las palancas conocidas de la potencia y de la resistencia: pero en la Cuña es muy dificil tanto el fixar los puntos de apoyo que se confunden en la resistencia, como el determinar las palan-

cas de la potencia y de la resiſtencia. Para aclarar eſte objeto he aqui algunas obſervaciones. (*Fig.* 66.)

I.° La resiſtencia que un Cuerpo que se quiere dividir, por exemplo el trozo de madera M F N opone á la division ó ſeparacion de sus partes, nace de la adherencia misma de las partes que hay que dividir. Qualquiera que ſea la cauſa y modo de eſta adherencia se pueden considerar las partes adherentes M F y N F como un haz de fibras longitudinales naturalmente ligadas entre sí por una ſerie transverſal de hilitos *v s* y *t v* inflexîbles ó flexîbles.

Si eſtos hilitos ſon inflexîbles no pueden extenderſe sin romperſe, y el exfuerzo que rompe al primero rompe tambien al ſegundo.

Si eſtos hilitos ſon flexîbles, el exfuerzo que lucha contra el primero le da una tension que resiſte á la potencia, y que reune su resiſtencia á la de los hilitos siguientes. Eſtos hilitos asi como todas las cuerdas tanto mas resiſten quanta mas tension tienen sin romperſe, y eſta es la razon porque algunas maderas nudoſas ſon tan difíciles de hendirſe.

II.° Quando la Cuña se introduce en el leño M F N la cuña impelida por el mazo es la potencia; la espeſa multitud de hilitos transverſales *r*, *s*, *t*, *v* es ó produce la resiſtencia; el punto de apoyo eſtá á la extremidad B de la hendidura en donde empiezan los hilos resiſtentes.

En eſta Máquina la resiſtencia no tiene palancas; su fuerza es fixa y conſtante, á ſaber la adherencia mayor ó menor de las partes que hay que dividir. Pero eſta *Resistencia constante* es atacada por una potencia que obra de un modo tanto mas favorable quanto mas altura tiene A B y menos anchura C D.

Para comprender la razon consideremos una ſeccion qualquiera N F como inmóvil. En eſta ſuposicion la ſeccion opueſta M F tiene todo el movimiento que debe producir la Potencia ó Cuña; la potencia lucha contra la resiſtencia por medio de la palanca A B, y quando la Cuña se introduce en el leño, toda la quantidad

A B no ſepara ſus partes mas que la quantidad C D. Luego la velocidad de la potencia eſtá á la de la resiscia como A B á C D.

III.° Quando el ángulo de ſeparacion M F N termina mas allá de la punta de la Cuña A B (como ſucede quando el leño en fuerza de alguna ó algunas mazadas se raja haſta algo ó mucho mas abaxo de adonde llega la punta de la cuña) la fuerza de la potencia se hace mayor, porque su palanca A F se hace mayor que la precedente A B.

De aqui la facilidad con que se dividen ciertos cuerpos quando la hendidura llega haſta mucho mas allá de la punta de la Cuña.

REGLA UNICA.

477. *Quando una Potencia obra por medio de la cuña, su fuerza relativa es á su fuerza absoluta como el exe ó altura de la cuña á la anchura de su base.* (Fig. 66.)

DEMOSTRACION. La *Fuerza relativa* de una potencia es á su fuerza abſoluta como el espacio que ella anda al espacio que anda la resiſtencia.

Es asi que quando la Cuña que repreſenta el movimiento de la potencia se introduce todo lo que es de alta A B, la resiſtencia no se ſepara mas que la anchura C D; y quando la cuña se introduce una parte qualquiera *a* B de su altura la resiſtencia no se ſepara mas que una parte proporcional *c d* de su anchura. Luego en la accion de la Cuña la fuerza relativa de la potencia es á su fuerza abſoluta como la altura de la cuña á su anchura. (L. Q. P. D.)

478. COROLARIO. *Quanto mas aguda es la Cuña, mayor es la fuerza relativa de la potencia*; porque la velocidad de la potencia ó de la Cuña tanto mas excede á la velocidad de la resiſtencia ó de las partes que se separan quanta mas altura A B y menos anchura C D tiene la Cuña. (*Fig.* 66.)

479. APLICACION. El uſo de la Cuña no eſtá limita-

do únicamente á hendir maderas ó piedras. El podon y la hacha del Leñador, la efpada y fabre del Militar, la lanceta y el vifturí del Cirujano, la sierra y el barreno del Carpintero, el cuchillo y la navaja que andan en manos de todos son otras tantas diferentes efpecies de Cuñas cuyo grandor, figura y dureza fon proporcionadas á la qualidad de las materias fobre que deben obrar, y á la accion del Motor que debe reglar fus exfuerzos.

Entre los inftrumentos que hacen el *oficio de cuñas* los hay á quienes se les hace obrar oprimiéndoles simplemente contra su punta como las agujas, las espadas y los clavos.

Hay otros que se les hace dar vueltas fobre sí mismos como las bocas de los barrenos y de los taladros que obran á un mismo tiempo como roscas y como cuñas.

Les hay en fin á quienes se hace obrar mas favorablemente tirando de ellos á un lado y á otro fobre su largura ccmo las sierras y navajas, dos inftrumentos que no se diferencian mas que en lo mas ó menos afilado é igual de su corte; porque las navajas mejor afiladas viftas con el microscopio prefentan su corte baxo de la apariencia de una sierra llena de desigualdades.

SECCION TERCERA.

RESISTENCIA DE LAS MAQUINAS.

480. Observacion. Las Máquinas en su eftado físico no producirán todo el efecto que las atribuimos considerándolas en un eftado metafisico en que nada se oponia á toda la extension de su accion. Al pafo que por una parte las Máquinas favorecen á la potencia segun las diferentes proporciones que hemos determinado; por otra las mismas Máquinas oponen á la potencia un obftáculo que les es intrínfeco é infeparable: á faber *el Rozamiento de los cuerpos* de que se componen, *y la Rigidez ó tie-*

sura de las cuerdas con que se atan los cuerpos que se quiere mover.

Eſtos dos obſtáculos luchan contra la Potencia : deben pues neceſariamente conſumir una parte de la *Fuerza relativa* que la dan las Máquinas.

ROZAMIENTO DE LOS CUERPOS.

481. Definicion. Llámase *Rozamiento* la reſiſtencia ocasionada por las desigualdades de dos cuerpos gravitantes, de los quales uno se mueve ſobre el otro.

I.° En todas las Máquinas hay inevitablemente un *Rozamiento ocasionado por la resistencia del cuerpo que se ha de mover.*

La Polea padece eſte Rozamiento ſobre el exe de su alcoba : el Torno ſobre los puntos de apoyo en que rueda su cilindro : el Plano inclinado ſobre la parte de su ſuperficie en que eſtá apoyado el cuerpo que se mueve por él : una Palanca tal como la balanza sobre el exe de su barra : la Rosca y la Cuña en toda su longitud.

II.° Se puede hacer á un cuerpo correr la ſuperficie de otro de dos modos : primero aplicando ſucesivamente *unas mismas partes* del uno á diferentes partes del otro ; como quando se hace resbalar un Libro sobre una meſa : ſegundo haciendo tocar ſucesivamente *diferentes partes* de una superficie á diferentes partes de otra, como quando se hace rodar una Bola ſobre una meſa de villar.

En el primer caſo las desigualdades de las dos ſuperficies se meten unas entre otras y no se ſeparan por lo comun sino quebrándoſe, como se puede notar por el polvo que reſulta de eſte rozamiento.

En el ſegundo eſtas mismas partes desiguales de las dos ſuperficies engargantadas unas en otras ſe apartan mutuamente , al modo que los dientes de dos ruedas de una mueſtra que se deſengargantan rodando libremente uno ſobre otro.

El primer rozamiento se padece en la mayor parte de las Máquinas ; el segundo incomparablemente menos

eficaz se verifica en las cuerdas que paſan ſobre poleas ó cilindros.

III.° El *primer Rozamiento* que es el que mas importa conocer bien, y el único de que aqui trataremos eſtá ſometido á *Leyes fixas* que vamos á obſervar y determinar por lo que nos enſeña la experiencia.

482. REGLA I. La *resistencia ocasionada por el Rozamiento es proporcional no á la superficie sino al peso del Cuerpo que carga sobre el otro.* (Fig. 47.)

DEMOSTRACION. Conſta por muchas experiencias hechas con la mas escrupuloſa atencion por el Sabio Desagulliers que si se pone ſobre un Plano paralelo ú obliqüo al horizonte un mismo Cuerpo R que tenga ſuperficies desiguales, *este Cuerpo será arrastrado en la direccion del plano por una misma potencia por un mismo peso preciso P*, ya sea que eſte cuerpo R resbale ſobre el plano por su ſuperficie mayor *m*, ya sea que resbale por su ſuperficie menor *n*.

Conſta tambien *que la potencia P que le hace resbalar y le arrastra debe ser tanto mayor quanto este cuerpo tiene mayor pesantez.*

Luego la resiſtencia nacida del rozamiento de eſte cuerpo es proporcional no á su ſuperficie sino á su peſantez.

La razon es, porque quanta mas pesantez tiene un Cuerpo mas desigualdades ſuyas se introducen en las del otro que le ſoſtiene, siendo de consiguiente neceſaria para ſacarle de eſtos pequeños hoyos una fuerza tanto mayor quanto mayor peſantez tiene, ó una fuerza proporcional á la peſantez que se necesita vencer para lograr eſte efecto. (L. Q. P. D.)

483. REGLA II. *La Resistencia ocasionada por el rozamiento equivale con corta diferiencia á una tercera parte de la pesantez del cuerpo que le produce.* (Fig. 47.)

DEMOSTRACION I. Conſta por la experiencia que si se pone ſobre un plano horizontal A C perfectamente liso un Cubo ó un Paralelopípedo R que pese treinta libras ſerá neceſario un peso P como de diez libras para arras-

trarle en la *direccion* R C del plano horizontal.

I.° Eſte Cuerpo R no reſiſte á su movimiento R C por su peſantez, reſpecto de que éſta peſantez es ſoportada y deſtruida por el plano, y la es indiferente descanſar ſobre el punto A ó C, ó ſobre el punto R del plano que por todas partes diſta igualmente del centro de la Tierra.

II.° Eſte Cuerpo R no reſiſte á su movimiento R C por su simple fuerza de inercia, pues si eſte cuerpo R fuera un globo de 30 libras, un peſo de mucho menos que de diez libras en P baſtaria para hacerle mover en la direccion R C rodando ſobre su circunferencia.

III.° El Cuerpo R de 30 libras no puede ser arraſtrado de R á C sino por una fuerza ó peſo como de 10 libras, y la reſiſtencia que opone eſte cuerpo R á su movimiento horizontal R C no se puede atribuir á otra causa que á su rozamiento. Luego la reſiſtencia ocasionada por el rozamiento de un cuerpo es igual á una tercera parte de la peſantez de eſte cuerpo, ó es á eſte cuerpo como 1 á 3.

Demostracion II. Conſta asimismo por la experiencia que si se inclina poco á poco el Plano horizontal sobre que eſtá pueſto un cubo ó paralelopípedo M, *éste Cuerpo* M no se moverá resbalando de M á N mientras que el ángulo de inclinacion B A C sea de menos que de 19 grados y 18 minutos. Conſta tambien que quando eſte ángulo B A C sea de 19 grados y 18 minutos, el Cuerpo M eſtará ſobre el punto inmediato al de su movimiento ó de su caida M N, de ſuerte que eſte ángulo de inclinacion B A C no podrá hacerſe mayor sin que el Cubo ó Paralelopípedo M baxe en virtud de su gravedad. (*Fig.* 47.)

I.° Supueſta eſta obſervacion experimental, raciocino asi. El *Rozamiento* que es la única cauſa que impide al Cubo ó Paralelopípedo M baxar, equivale á una potencia que hiciera equilibrio con eſte Cuerpo sobre un Plano inclinado en que no hubiese frotacion alguna.

Ahora pues, la potencia que hace equilibrio con un

tal cuerpo apoyado sobre un plano inclinado, y exêmpto de todo rozamiento (por exemplo con un globo que puede rodar libremente sobre su circunferencia) es á este cuerpo como la *altura* B C del plano á su *longitud* B A. (461.)

II.° Se debe advertir aqui que la altura B C del plano es el *Seno del ángulo de inclinacion* B A C, y que la longitud B A del plano es igual á S A que es el Seno del ángulo recto S A C ó el *Seno total.* Luego la resistencia que proviene del rozamiento es al cuerpo que le ocasiona como el Seno del ángulo de inclinacion es al Seno total.

Es asi que el Seno de un ángulo de 19 grados y 18 minutos es al Seno total como 1 á 3, lo que puede verse en la Tabla (a) de los Senos. Luego la resistencia que proviene de la frotacion es á la pesantez del cuerpo que la ocasiona como 1 á 3 con corta diferiencia. (L.Q.P.D.)

484. COROLARIO. Supuestos estos principios se puede fácilmente valuar la *quantidad de fuerza* que debe tener la potencia para poder vencer tanto la resistencia del peso como la del rozamiento.

I.° *Si sola la resistencia padece rozamiento, la fuerza de la potencia debe ser superior una tercera parte al peso de la resistencia* : por exemplo si la resistencia es $= 9$, es necesario que la potencia sea $9 + 3 = 12$.

Dos Caballos que llevan un carro deben estar en estado de vencer ademas del peso del carro y de toda la carga una resistencia igual á una tercera parte del peso que gravita sobre su exe.

Asi si el exe sostiene un *peso de* 1500 *libras* se les debe considerar como que sostienen 2000 sin rozamiento, porque el exe padece un rozamiento que ocasiona una resistencia igual á un peso de 500 libras.

II.° *Si la Resistencia y la Potencia padecen á un mismo tiempo rozamiento, la fuerza de la potencia debe ser superior al doble al peso de la resistencia* : por exemplo si el peso

(a) Esta Tabla se hallará al fin de los Elementos de Matemáticas.

peso de la potencia es $=9$, y el de la resiftencia $=9$, los dos pesos padecen un rozamiento $=6$.

Asi la quantidad que era necesario añadir á la potencia feria 6: luego la potencia será ya $9+6=15$.

Pero añadiendo á la potencia un peso $=6$, se la añade un nuevo rozamiento que equivale á 2, y asi será necesario añadir dos á la potencia que será ahora $9+6+2=17$.

Pero añadiendo 2 á la potencia se ocasiona un nuevo rozamiento que equivale á una tercera parte de este peso. Luego es necesario continuar añadiendo á la potencia la tercera parte de la quantidad precedente hasta que se llegue á un peso bastante pequeño para que se le pueda despreciar sin temor alguno de errar en la cuenta.

Por consiguiente en la hipótesis presente $6+2+\frac{2}{6}+\frac{6}{18}+\frac{18}{54}$ es la quantidad que será necesario añadir á la potencia 9 para ponerla en estado de vencer asi la resistencia del peso opuesto, como la ocasionada por la doble causa de rozamiento.

485. Aplicacion. Para que se pueda percibir mejor esta *Teoría del rozamiento*, conviene aplicarla por menor á algunos exemplos conocidos. (*Fig.* 61.)

I.° Supongamos que el peso R pesa 300 libras, ocasionará un rozamiento que resistirá tanto como 100 libras mas. La potencia que obra por medio de las palancas *a b* tendria pues equivalentemente que vencer una resistencia R de 400 libras.

II.° Supongamos que el cilindro M N pesa 150 libras. Aunque la potencia no debe soportar este peso que descansa sobre los puntos de apoyo M N, soportará sin embargo el rozamiento quando se ponga la máquina en movimiento. Este rozamiento del cilindro es pues tambien equivalente á un peso de 50 libras mas para la cuenta de la fuerza que necesita la potencia que tendrá que luchar contra una resistencia igual á 460 libras.

III.° Supongamos que esta máquina debe ser puesta en movimiento por el brazo de un hombre capaz de emplear un exfuerzo sostenido y constante igual al peso de 60 libras.

Si los radios prolongados *a b* no son mas que seis veces mayores que los del cilindro, la *fuerza relativa* de eſte hombre hecha seis veces mayor que su fuerza absoluta no ſerá mas que como 360. No ſerá pues ſuficiente para vencer la reſiſtencia que es como 450. Luego es neceſario aumentar todavia mas la fuerza de eſte hombre.

Para eſto hagamos ſus palanças *a b* ocho veces mayores que los radios del cilindro. *La fuerza relativa* de eſte hombre por medio de su palanca siempre ocho veces mayor que la de la reſiſtencia vendrá á ser ocho veces mayor que su fuerza abſoluta, y será $60 \times 8 = 480$, ſuperior por lo mismo á la reſiſtencia que no es mas que 450. Luego eſte hombre podrá vencer por el exfuerzo de su brazo asi la reſiſtencia del peso, como la del rozamiento.

IV.° Supongamos que eſte hombre en vez de mover la máquina por el exfuerzo de su brazo debe moverla por el peſo de su cuerpo caminando en un tambor, y que peſa 150 libras. Ocasionará un rozamiento que será la tercera parte de su presion, ó 50 libras mas.

Será pues neceſario que tenga palancas tales, que mediante su peso de 150 libras pueda vencer el peso $R = 300$ libras, el rozamiento de eſte peso $= 100$, el del cilindro y del tambor $= 50$, y el añadido por su propio peso $= 50$.

486. Nota. I.° La regla general que hemos dado y demoſtrado acerca del rozamiento, debe necesariamente padecer algunas variaciones por razon de la diversidad que se halla en los cuerpos cuya adherencia, tieſura, comprensibilidad y elaſticidad varian al infinito.

Y asi eſta regla ó ley general en el eſtado físico de las coſas, no puede ni debe servir mas que para valuaciones por aproxîmacion, que baſten en la práctica en donde no hay abſoluta necesidad de la precision matemática.

II.° Debemos advertir tambien que segun las Experiencias de los Señores Muschembroek y Nollet *un mismo cuerpo de superficies desiguales* padece algunas veces

un poco mas resiſtencia ó rozamiento moviéndose ſobre su superficie mayor, que moviéndose sobre la menor; lo que no concuerda con las Experiencias de Desaguillero que hemos adoptado.

Pero eſtos Autores confieſan tambien que el rozamiento relativo al grandor de las ſuperficies es incomparablemente menor que el relativo al grandor de las maſas, y asi se puede abſolutamente despreciar el cortísimo aumento de rozamiento ocasionado por la diferiencia de ſuperficies si es que eſte aumento es real lo que contradicen otras Experiencias.

PESO Y RIGIDEZ Ó TIESURA DE LAS CUERDAS.

487. OBSERVACION. Las cuerdas que sirven para ſostener y levantar los cuerpos resiſten á la potencia opuesta asi por su peſo como por su rigidez ó tieſura.

Su *Peso* se debe considerar como que conſtituye parte de la potencia, ó de la resiſtencia y ſegun que favorece á eſta ó á aquella.

Su Rigidez ó *Tiesura* es la resiſtencia que oponen á doblarſe, la qual es tanto mayor quanto la cuerda es mas grueſa y padece mayor inflexîon.

488. REGLA I. *Los Pesos de las cuerdas de una misma materia y longitud son entre sí como los quadrados de sus diámetros.*

DEMOSTRACION. Siendo las cuerdas especies de cilindros *dos Cuerdas de una misma longitud* ſon entre sí como dos cilindros de una misma altura.

Dos *Cilindros de una misma altura* ſon entre sí como ſus baſes que ſon dos círculos. (*Math.* 619.)

Dos *Círculos* ſon entre sí como los quadrados de ſus diámetros. (*Math.* 500.)

Luego dos Cuerdas de una misma longitud ſon entre sí como los quadrados de ſus diámetros. (L. Q. P. D.)

489. REGLA II. Quando las Cuerdas que levantan un peſo se doblan ſobre Cilindros en líneas circulares ó espirales, conſta por las experiencias del ſabio Mecánico

Amontons, que la *Resistencia ocasionada por su Inflexîon es en razon directa de los pesos que las estiran en razon directa de sus propios diámetros y en razon inversa de los diámetros de los cilindros en que se enroscan.*

Explicacion. I.° Esta Inflexîon *es en razon directa de los pesos que las estiran*: de suerte que si dos cuerdas de igual grueso son estiradas la una por un peso de 30 libras, y la otra por un peso de 10, la resistencia á doblarse de la primera será tres veces mayor que la de la última.

II.° Esta Inflexîon es en *razon directa de sus propios diámetros*: de suerte que si dos cuerdas estiradas por un mismo peso se doblan sobre un mismo cilindro, y el diámetro de la primera es quádruplo del de la segunda, la resistencia de la primera será quatro veces mayor que la de la segunda.

III.° Esta Inflexîon es en *razon inversa de los diámetros de los cilindros en que se enroscan*: de suerte que si dos cuerdas iguales estiradas por pesos iguales se doblan al rededor de dos cilindros, de los quales el primero tenga un diámetro doble del segundo, la cuerda que se enrosque en el primero opondrá á su inflexîon una resistencia como 1, y la que se enrosque en el segundo una resistencia como 2.

490. Nota. Esta última teoría necesita aun de las tres pequeñas aclaraciones que vamos aqui á darla.

I.° El mismo Mecánico M. Amontons da un *Método general* para valuar la resistencia ocasionada por la Tiesura de las cuerdas: he aqui en sustancia este método.

Despues de haber observado que una *Cuerda de una línea de diámetro* estirada por un *Peso de una libra* doblándose al rededor de un *Cilindro de un dedo de diámetro* oponia por su tiesura una resistencia igual á media onza que es la trigésima-segunda parte de una libra.

Generalizó esta relacion para aplicarla á todos los cilindros, á todas las cuerdas, y á todos los casos posibles por esta proporcion: el *diámetro del cilindro*, ó el número de dedos que incluye es al *diámetro de la cuerda*, ó al

número de líneas que tiene su diámetro, como el *peso suspendido de la cuerda*, ó como el número de libras que pasa dividido por 32 á un *quarto termino* que expresará el peso que haria equilibrio con la resistencia que opone la cuerda por su tiesura.

Sea por exemplo el diámetro del cilindro al rededor del qual deba doblarse la cuerda = 12 dedos: el diámetro de la cuerda = 3 líneas: y el peso que estiró la cuerda = 128 libras: se tendrá $12. 3 : \frac{128}{32} = 4 . x.$

Multiplicando los dos medios 3 y 4 uno por otro se tendrá por producto 12, que divididos por el primer término 12 darán 1 por qüociente. Asi 1 expresa una libra que corresponde á la resistencia nacida de la *Tiesura de la cuerda que es necesario doblar* y que determina por sí misma la quantidad que se debe añadir á la potencia para ponerla en estado de vencer este obstáculo.

II.° Todo el mundo sabe que *las Cuerdas que no son metálicas se acortan humedeciéndose, y se alargan secándose.*

Quando se humedecen, la interposicion del líquido separa los filamentos que aumentan su diámetro, perdiendo á proporcion de su longitud. Quando se secan, la evaporacion del líquido vuelve los filamentos á su primer estado, y su longitud se aumenta á proporcion de que pierden de su diámetro.

Consta por las experiencias del célebre Reaumur que diez hilos por exemplo, que tendrian cada uno precisamente una fuerza suficiente para sostener un peso de una libra torcidos juntos y hechos una cuerda no tendrán fuerza suficiente para sostener un *Peso de diez libras.*

Luego la *Torcedura* que une los hilos en una misma cuerda lexos de hacerles mas fuertes los hace mas débiles.

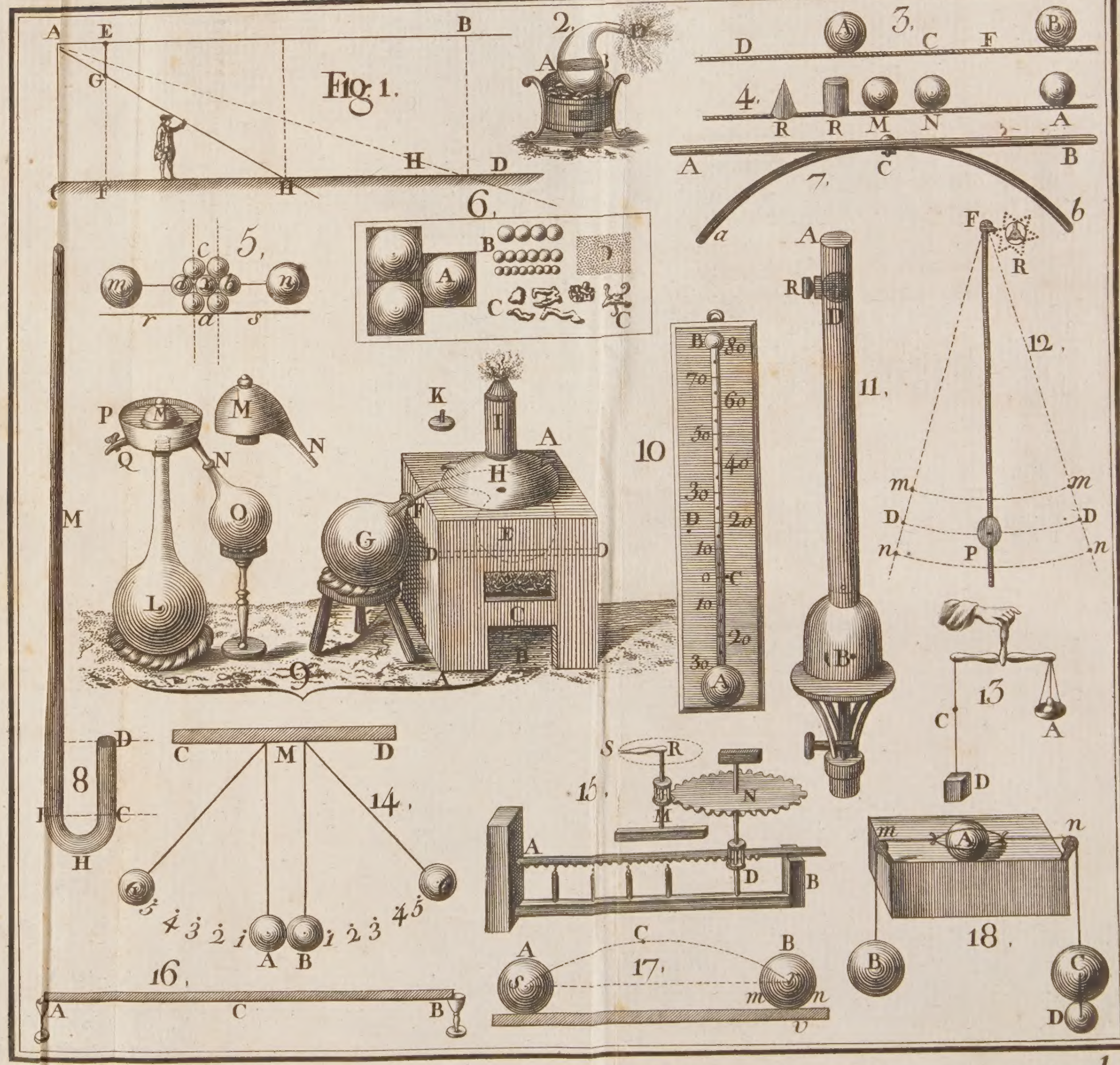
491. Conclusion. La *Materia* y el *Movimiento* son los dos únicos principios, los dos únicos constitutivos de que resulta la universalidad de los Seres sensibles é inanimados.

Habiendo ya considerado en su generalidad estos dos principios fecundos, réstanos observarlos en particular,

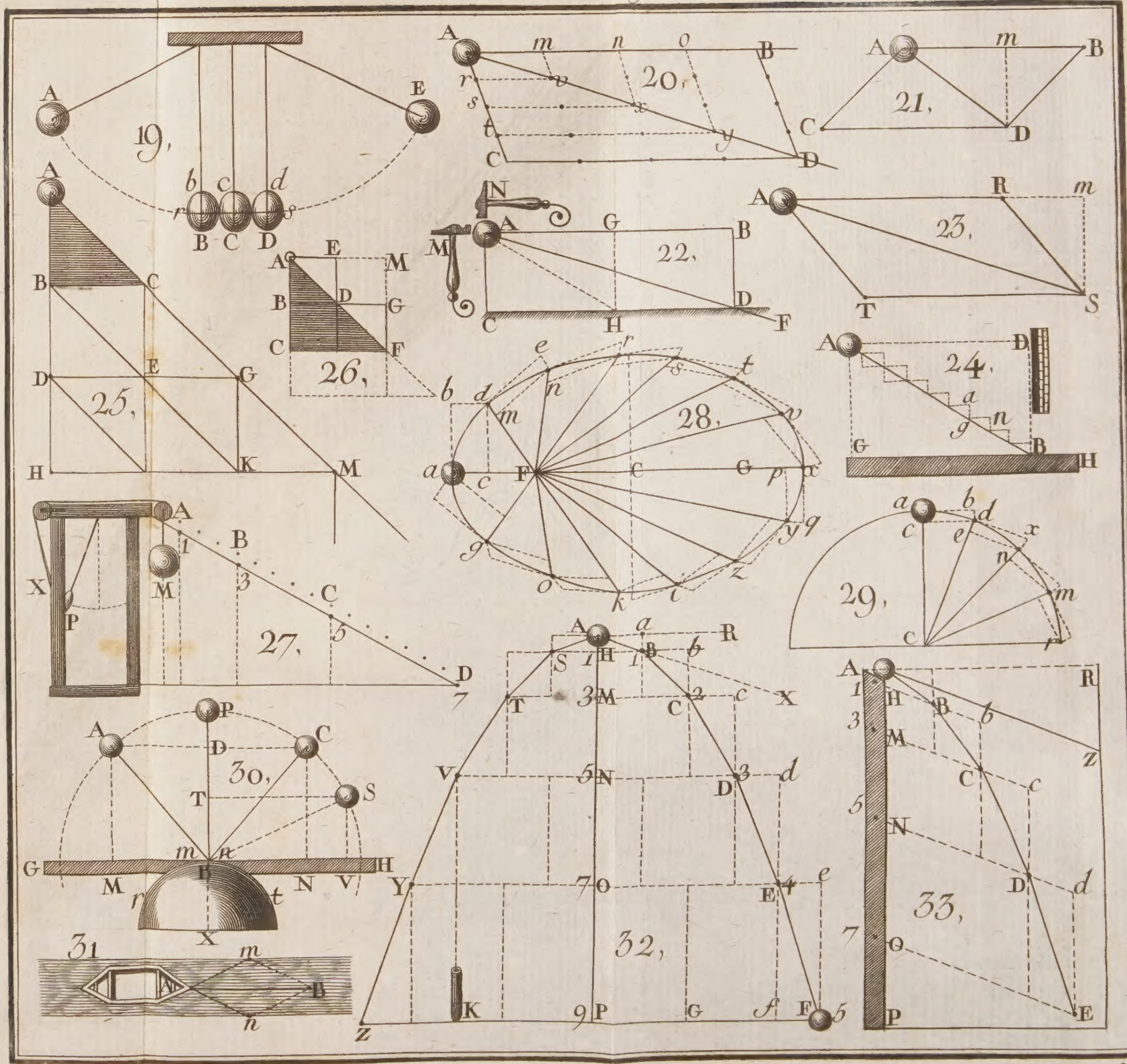
y seguirlos por menor en los diferentes teatros de la Naturaleza, en el elemento de la Tierra, en el del Agua, en el del Ayre, en el del Fuego y de la Luz, y en los Globos y Espacios celeftes.

El Globo que habitamos, el *Globo terrestre* no es mas que un punto en la inmensidad de las cofas. Pero efte punto merece nueftra primera y principal atencion por la infinita multitud de objetos interefantes que nos prefenta; porque las cofas nos interefan, no en razon de su grandeza absoluta, sino en razon de su proxîmidad, utilidad y relacion con nofotros.

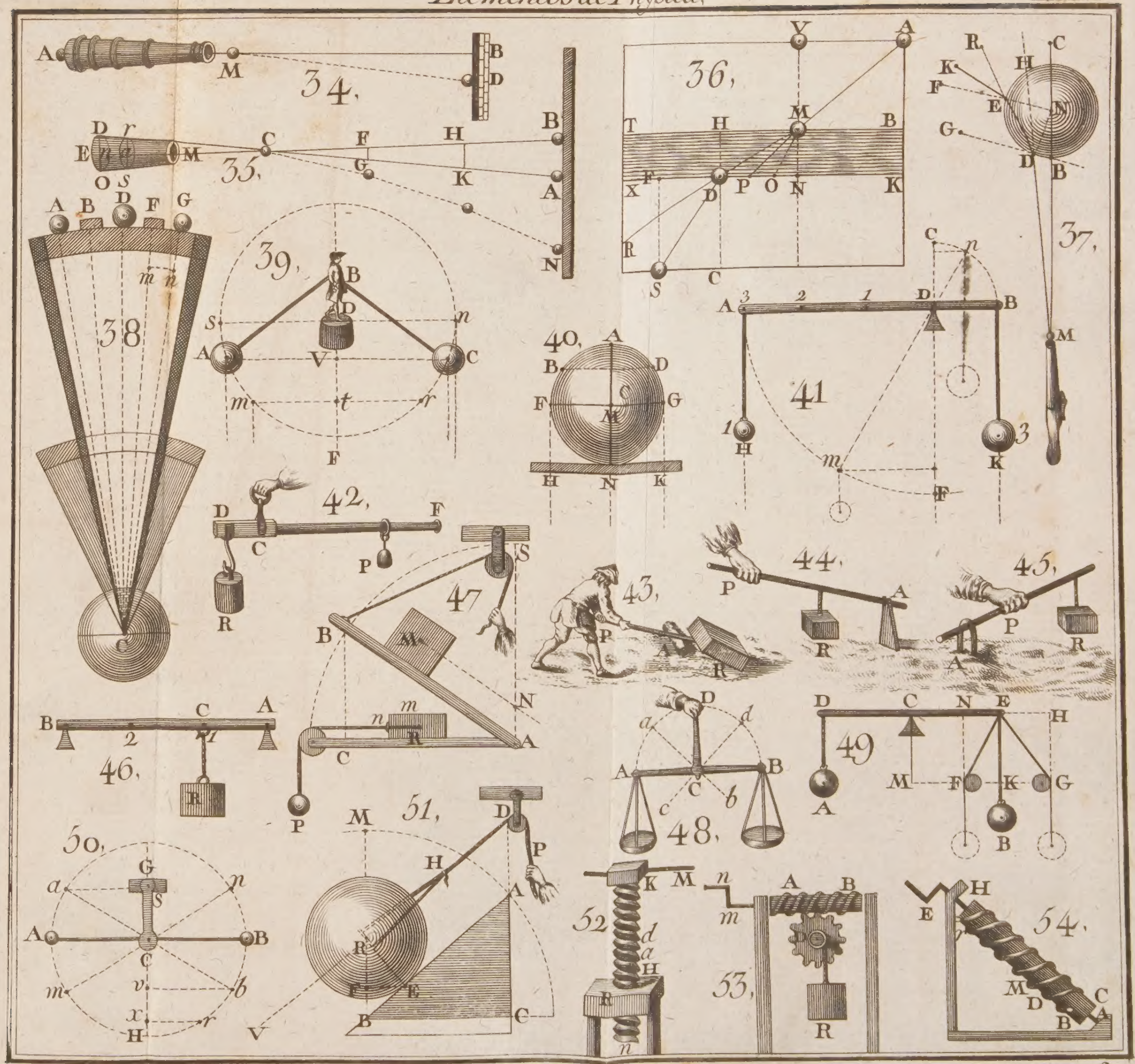
FIN DEL PRIMER TOMO.



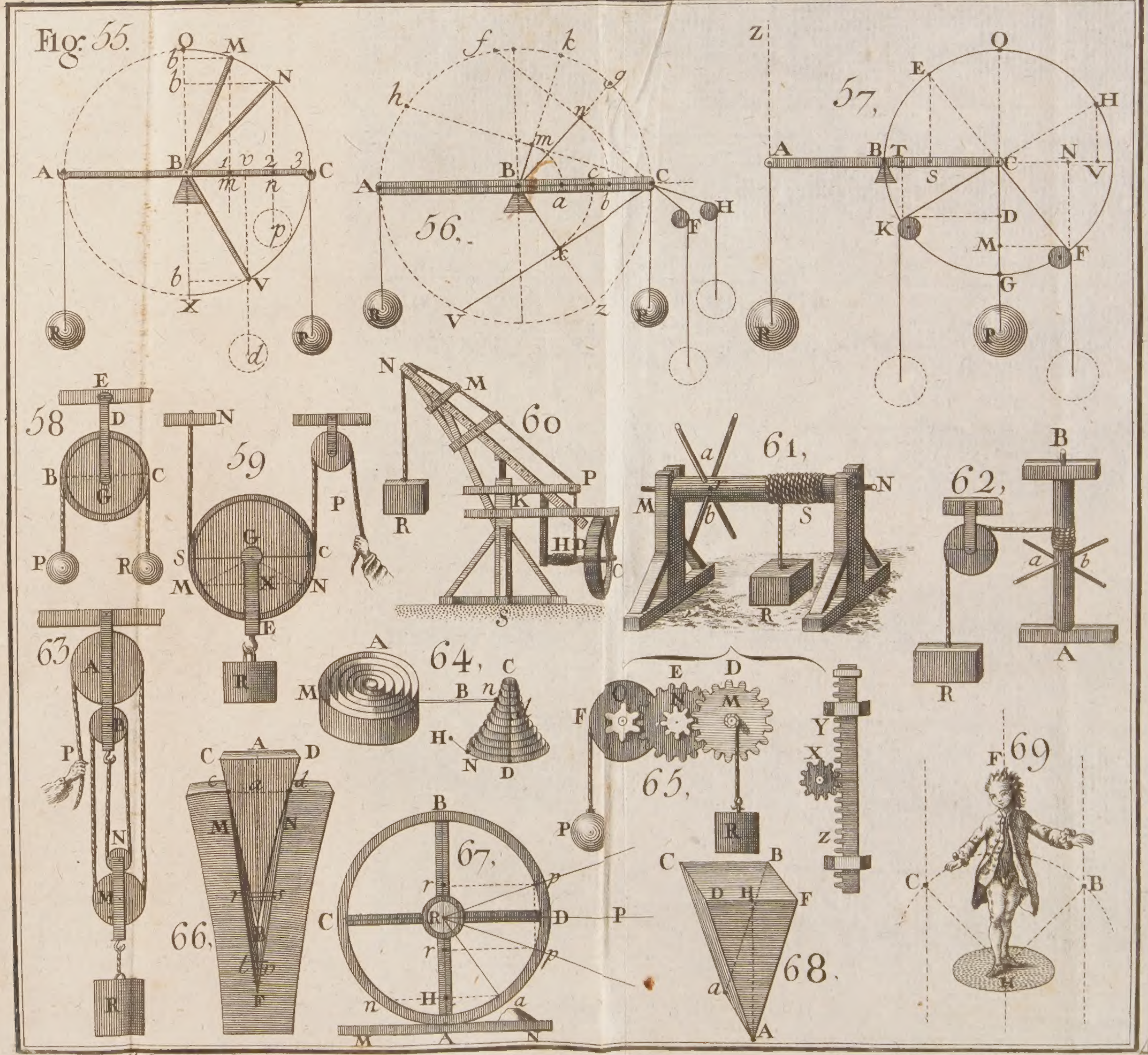
Cypriano Maré la Grabó.



Cyprano Maré la Grabó, â, de 1795.



Cypriano Maré la Grav. à de 1795.



Cypriano Maré lo Grabó á de 1795.

444 100
P1
Para, abbot
AUTHOR
Elementos de Filosofía
TITLE